中華文庫

初中第一集

三角表解

張鵬飛編

中華書局印行

19

國三十六年十二月發行
國三十六年十二月初版

中華文庫初中第一集 三角表解（全一冊）

◎定價國幣一元六角
（郵運匯費另加）

編著者 張鵬飛

發行人 中華書局股份有限公司代表 李虞杰

印刷者 上海澳門路八九號 中華書局永寧印刷廠

發行處 各埠中華書局

（九二三六）（天）

編　例

本書表是主，解是輔；表求簡括，有系統，少缺漏，解求清楚，有根據，不累贅。　分類標準極顯豁，便初學三角者的檢查；記憶方法均奇巧，可助已學者的溫習；重要途徑多指示，能充自修者的引導。　因求系統完整、根據齊備、排印便利、翻閱容易起見，形式和普通的表解，略有一點出入。

書中以初中學生爲對象，範圍不得過廣，程度不能過深；所以選擇材料，偏重下列各項：

(一)基本或重要事件在本學科須反復學習的。

(二)常見而容易忽略或錯誤須特別注意的。

(三)教科書講而不詳須補充的。

(四)教科書全未講到須補出的。

務使閱者精神時間沒有絲毫浪費。

書中材料，一一分別輕重，加以標識，如：

(一)附＊號者，是必須要記的。

(二)附◎號者，是最好要記的。

(三)附△號者，是可以不記的。

(四)沒有號者，是不須記得的。

務使閱者精神時間用得恰得其當。

本書成於短促時間，恐有未能盡善之處，務希閱者不吝指正！

三角表解目次

三角表解

第一　名詞表

一　平面圖形

*1. 角

(1)獨立角
- 甲．平角——方向相反兩直線的夾角。
- 乙．直角——平角的一半。
- 丙．銳角——小於直角的。
- 丁．鈍角——大於直角而小於平角的。

(2)關係角
- 甲．補角——和等於二直角的兩角。
- 乙．餘角——和等於一直角的兩角。

*注意：成角的兩直綫，是牠的邊；邊的交點，是牠的頂。

*2. 綫

第一名詞表

——關係綫{甲。垂綫——直角的兩邊。說這兩綫互相垂直。
乙。平行綫——在一直綫同側和牠成公一邊的相等兩角,就是成相等兩同位角的兩直綫。說這兩綫互相平行。

3. 三角形

(1)各部{
甲。邊——做界的各直綫段。可拿一邊做底,餘兩邊做腰。三邊合叫做周。
乙。角——兩邊的夾角。底張的角是頂角,餘兩角是底角。
丙。頂——頂角的頂。

(2)各種{
甲。直角三角形——一角是直角的。 *注意: 直角抱的邊,也叫斜邊。
乙。斜角三角形{
(甲′)銳角三角形——三角都是銳角的。
(乙′)鈍角三角形——一角是鈍角的。

(3)附屬綫——高綫——底的垂綫過三角形頂的。這綫在頂 底或底的延綫間部份的長叫高。

注: 直角三角形的直角兩邊,以前叫勾和股,餘一邊叫弦。弦和圓的弦混,宜棄而不用。

4. 圓

(1)各部{
甲。心——居中的一點。
乙。周——做界的曲綫。周的一部叫弧,四分之一叫象限弧。

丙. 徑——穿心到界的相等各直綫段. 從心到界的直綫段叫半徑,是直徑的一半.

(2)特種——單位圓——半徑長1單位的.

(3)附屬角——圓心角——兩半徑的夾角. 等於半徑的弧所張的圓心角,叫半徑角或弳 Radian.

(4)附屬綫
甲. 割綫——交周於兩點的直綫.
乙. 切綫——祇能交周於一點的.
丙. 弦——夾於周間的直綫段.

注: 弳,以前叫弧度,和弧的度相混,宜棄而不用.

二 圓函數或三角函數

1. 原名

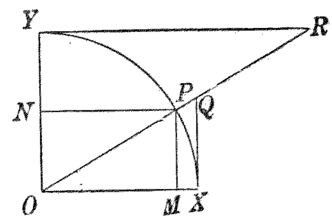
第一 名詞表

(1)在單位圓O裏:

甲. XPY弧是象限弧. OX、OP、OY表1. XOY、PMO、QXO、ONP、OYR各角都是直角.

乙. 拿∠XOP做本角,∠POY是餘角.

丙.
MP或$\frac{MP}{OP}$就表本角的正弦,
XQ或$\frac{XQ}{OX}$就表本角的正切,
OQ或$\frac{OQ}{OX}$就表本角的正割,
正函數;

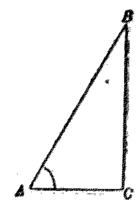


NP 或 $\frac{NP}{OP}$ 就表本角的餘弦，
YR 或 $\frac{YR}{OY}$ 就表本角的餘切，
OR 或 $\frac{OR}{OY}$ 就表本角的餘割， } 餘函數。

丁。本角度數是這些函數的逆函數。

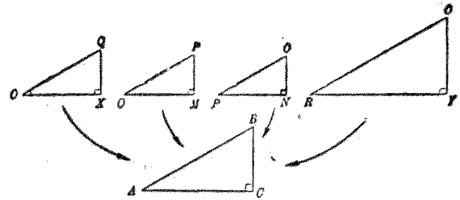
注：MX 或 $1-\frac{NP}{OP}$ 表正矢，就是 1 —餘弦，NY 或 $1-\frac{MP}{OP}$ 表餘矢，就是 1 —正弦，和上六者，以前合叫八綫。但常用的，祇有正弦，餘弦，正切。

(2)在直角三角形ABC裏：
甲。∠C 是直角。
乙。拿∠A 做本角，∠B 是餘角。
丙
$\frac{CB}{AB}$ 就表本角的正弦，　$\frac{AC}{AB}$ 就表本角的餘弦，
$\frac{CB}{AC}$ 就表本角的正切，　$\frac{AC}{CB}$ 就表本角的餘切，
$\frac{AB}{AC}$ 就表本角的正割，　$\frac{AB}{CB}$ 就表本角的餘割。
丁。本角度數是這些函數的逆函數。



甲。關係——在∠XOP＝∠A 時：
$\frac{MP}{OP}=\frac{ON}{OP}=\frac{CB}{AB}$，$\frac{XQ}{OX}=\frac{CB}{AC}$，$\frac{OQ}{OX}=\frac{AB}{AC}$，
$\frac{NP}{OP}=\frac{OM}{OP}=\frac{AC}{AB}$，$\frac{YR}{OY}=\frac{AC}{CB}$，$\frac{OR}{OY}=\frac{AB}{CB}$。

(3)兩形函數的關係



乙．理由
(甲′)三角形三角的和等於二直角， 限弧所張的圓心角是一直角。
(乙′)各角一一相等的兩個三角形相似，牠們對應邊的比率都相等。

2. 記 號

(1) A角的函數
正弦記做 SinA． Sin 是 Sine 的略寫。
餘弦記做 CosA． Cos 是 Cosine 的略寫。
正切記做 TanA． Tan 是 Tangent 的略寫。
餘切記做 CotA． Cot 是 Cotangent 的略寫。
正割記做 SecA． Sec 是 Secant 的略寫。
餘割記做 CscA． Csc 是 Cosecant 的略寫。

*注意： A 可以是角度，如Sin30°、Cos45°、Tan60°。

(2)函數的平方——正弦、餘弦、正切、餘切、正割、餘割的平方，順次記做：
Sin^2A．Cos^2A．Tan^2A．Cot^2A．Sec^2A．Csc^2A．

(3)函數的逆函數——正弦、餘弦、正切、餘切、正割、餘割的逆函數，順次記做：

$\text{Sin}^{-1}A$. $\text{Cos}^{-1}A$. $\text{Tan}^{-1}A$. $\text{Cot}^{-1}A$. $\text{Sec}^{-1}A$. $\text{Csc}^{-1}A$.

注：現有人創新記號，也和上記號同，都有一二缺點。

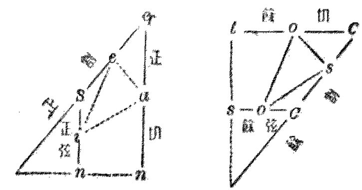
3. 記憶法

(1)原名記憶法

甲．就單位圓講，正餘弦、正餘切、正餘割順次是單位圓弦切割綫的一部份。正弦、正切都是本角所抱的直綫段，而正割是本角餘角公有邊從角頂到正切的一部份；餘弦、餘切都是餘角所抱的直綫段，而餘割是本角餘角公有邊從角頂到餘切的一部份。照這樣想，絕對不會記錯。

乙．就直角三角形，記這六個函數，可看後面直角三角形公式記憶法。

(2)記號記憶法——這六個函數的記號，用右方兩個圖來幫助，也很容易記得。



三　空間圖形

1. 普通

第一 名詞表

- (1)點綫面角
  - 甲. 關係綫面
    - (甲′)平行綫面——直綫和平面不能相交時，叫這平面的平行綫，而這平面也叫這直綫的平行面。 不能相交的兩平面，互叫平行面。
    - (乙′)垂直綫面——直綫和平面交於一點且平面內過交點的它直綫都和這直綫垂直時，叫這平面的垂綫，而這平面也叫這直綫的垂綫。 對含它面垂綫的兩平面，互叫垂面。
  - 乙. 點綫射影
    - (甲′)點的射影——從點到直綫或平面所作垂綫的足。
    - (乙′)綫段射影——從直綫段兩端到它直綫或平面所作兩垂綫足間的直綫段。
  - 丙. 獨立綫面
    - (甲′)水平綫面——靜水的表面，叫水平面，可做平面看；牠的平行面，也叫水平面。 水平面內的直綫，叫水平綫；牠的平行綫，都是水平綫。
    - (乙′)鉛垂綫面——像下端懸鉛錘的線，引長能通過地球中心的，叫鉛垂綫，可做水平面的垂綫看；牠的平行綫，也叫鉛垂綫。 含鉛垂綫的平面，叫鉛垂面；牠的平行面，都是鉛垂面。
    - (丙′)地平綫面——過地面一點並和這點鉛垂綫垂直的平面，叫地平面，可做水平面看。 地平面內的直綫，叫地平綫，可做水平綫看。
  - 丁. 獨立角
    - (甲′)水平角——水平面內的角。 兩直綫在同水平面內射影的夾角，叫牠們的水平角。
    - (乙′)鉛垂角——鉛垂面內一邊是水平綫的角。

*注意：水平綫、角，也叫方向綫、角，或方位綫、角；鉛垂綫、面、角，也叫直立綫、面、角。 離開很遠的兩地，不能有相同的水平綫、面、角，和鉛垂綫、角。

(2)距離和高
- 甲．距離
  - (甲′) 水平距離——兩點間直綫段在水平面內射影的長，叫這兩點的水平距離。
  - (乙′) 鉛垂距離——兩點間直綫段在鉛垂綫內射影的長，叫這兩點的鉛垂距離。
- 乙．高
  - (甲′) 物體的高——物體最高部份叫頂，最低部份叫基，頂基的鉛垂距離叫做物體的高。
  - (乙′) 物體高度——離地物體做一點看時，牠和地平面內一點的鉛垂距離，叫這物體的高度。

*2. 特 別

(1)點
- 甲．求點——要求高度或距離的點，可叫求點。
- 乙．基點——從牠觀測求點的點，就是觀測者眼所在處。

(2)綫
- 甲．求綫——要求長的直綫段，可叫求綫。
- 乙．基綫——至少一端是 點或基點的直綫段，長已知或可量的。
- 丙．視綫
  - (甲′) 求點視綫——求點和觀測者眼中間的直綫段，可叫求點視綫。
  - (乙′) 視水平綫——含觀測者眼的水平綫。

- (甲′) 仰角——鉛垂面內求點視綫和視水平綫的夾角，而求點視綫在上方的。

(3)角 —— 視角
(乙')俯角——鉛垂面內求點視綫和視水平綫的夾角，而求點視綫在下方的。

(4)面 —— 基面 —— 含求點、基點、求綫，基綫的水平面或鉛垂面。

第二 公式表

一 直角三角形

*1. 記號

本書設 $\triangle ABC$ 表直角三角形，$\angle A$ 和 $\angle B$ 都是銳角，$\angle C$ 是直角，牠們的角度順次是 A、B、C，所抱的邊順次是 a、b、c 單位長，面積是 F 單位；假如表斜角三角形，除 $\angle C$ 不是直角外，$\angle A$ 和 $\angle B$ 或表兩銳角或表一銳角和一鈍角。

*2. 公式

(1)角式——$A+B=C=1$ 直角。 根據三角形的三角和定理。

(2)邊式——$a^2+b^2=c^2$。 根據直角三角形的商高或畢氏定理。

(3)邊角式

$$\operatorname{Sin} A=\frac{a}{c}=\operatorname{Cos} B,\quad \operatorname{Cos} A=\frac{b}{c}=\operatorname{Sin} B,\quad \operatorname{Tan} A=\frac{a}{b}=\operatorname{Cot} B,$$

$$\operatorname{Csc} A=\frac{c}{a}=\operatorname{Sec} B,\quad \operatorname{Sec} A=\frac{c}{b}=\operatorname{Csc} B,\quad \operatorname{Cot} A=\frac{b}{a}=\operatorname{Tan} B.$$

(4)面積式——$F=\frac{1}{2}ab$。

*注意：$\operatorname{Sin} A=\operatorname{Cos} B$，$\operatorname{Cos} A=\operatorname{Sin} B$等，也是角式。

3. 記憶法

(1)角式邊式記憶法——角式邊式相似;拿a^2、b^2、c^2順次代A、B、C,就能從角式得邊式.

(2)邊角式的記憶法——在$\frac{a}{c}$、$\frac{b}{c}$、$\frac{a}{b}$、$\frac{c}{b}$、$\frac{b}{a}$、$\frac{c}{a}$六個函數之內:前二個母是a的,是Sin A和Cos A;中二個母是b的,是Tan A和Sec A;後二個母是a的,是Cot A和Csc A. 照這樣想,容易記得這六個函數.

二 函數

1. 公式

(1)積式——Sin A×Csc A=1, Cos A×Sec A=1, Tan A×Cot A=1.

(2)商式——Sin A÷Cos A=Tan A, Cos A÷Sin A=Cot A.

(3)冪式——$\text{Sin}^2 A+\text{Cos}^2 A=1$, $1+\text{Tan}^2 A=\text{Sec}^2 A$, $1+\text{Cot}^2 A=\text{Csc}^2 A$.

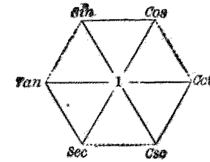
2. 記憶法

(1)積式記憶法——各含右圖六角形一對角綫內的三數.

(2)商式記憶法——各含右圖六角形連接三角頂的三數。

(3)冪式記憶法——各含右圖一實綫三角形各角頂的數。

*注意： 商式或冪式裏，記得一式，餘都可以推出。 商式若都寫出，共可得十二式。



三 對 數

1. 記 號

(1)數的對數
- 甲. N的10底對數，記做 Log N，就是 $N=10^{\operatorname{Log} N}$。 Log是Logarithm 的略寫。
- 乙. N的10底餘對數，記做 Colog N，就是 $N^{-1}=10^{\operatorname{Colog} N}$。 Colog.是 Complement of a logarithm 的略寫。

(2)函數的對數
- 甲. 定位部不全是正數時，A 角正弦、餘弦、正切等的對數，記做Log Sin A、Log Cos A、Log Tan A 等。
- 乙. 定位部須全是正數時，A 角正弦、餘弦、正切等的對數，記做 LSin A、LCos A、Ltan A 等。

2. 公 式

$\operatorname{Log} NM=\operatorname{Log} N+\operatorname{Log} M$，$\operatorname{Log}\dfrac{N}{M}=\operatorname{Log} N-\operatorname{Log} M$，

(1)數的對數式

- $\mathrm{Log}\ N^{M} = M\ \mathrm{Log}\ N$,　$\mathrm{Log}\sqrt[M]{N} = \frac{1}{M}\ \mathrm{Log}\ N$.
- $\mathrm{Colog}\ N = \log\frac{1}{N} = -\log N$.

(2)函數對數式 —— $\mathrm{Log\ Sin}\ A = \mathrm{LSin}\ A - 10$, $\mathrm{Log\ Cos}\ A = \mathrm{LCos}\ A - 10$, $\mathrm{Log\ Tan}\ A = \mathrm{L\ Tan}\ A - 10$ 等.

*注意： M、N 都可表正整小數.

第三　常數表

一　角度

1. 六十分制

1周角=360度或 360°，　1平角=180°，　1直角=90°，

1度=60分或 $60'$，　1分=60秒或 $60''$。

2. 百分制

1直角=100級 (Grade) 或 100^g，

1級=100分或 $100^{`}$，　1分=100秒或 $100^{``}$。

注：　這是法制，六十分制是英制；法制現不通行。

3. 半徑制

π弳或 3.1416 弳=180°，　1弳=$\frac{180}{3.1416}$度或 57.2957° 或 $57^\circ17'45''$，

$\frac{\pi}{2}$弳=90°，　$\frac{\pi}{3}$弳=60°，　$\frac{\pi}{4}$弳=45°，　$\frac{\pi}{6}$弳=30°，　$\frac{\pi}{8}$弳=22.5° 或 $22^\circ30'$，　$\frac{\pi}{16}$弳=11.25° 或 $11^\circ15'$。

4. 方位

含一點和某點的直綫或含　點的直綫，牠在含某點水平面內的射影和過某點的南北綫所夾的角度，就是這點對於某點或這直綫的方位。

- (1)北東間的方位
  - 北微東或北 $11\frac{1^\circ}{4}$ 東，就是北偏東 $11\frac{1^\circ}{4}$，
  - 東北北或北 $22\frac{1^\circ}{2}$ 東，就是北偏東 $22\frac{1^\circ}{2}$，
  - 東北微北或北 $33\frac{3^\circ}{4}$ 東，就是北偏東 $33\frac{3^\circ}{4}$，
  - 東北或北 45° 東，就是北偏東 45°，
  - 東北微東或北 $56\frac{1^\circ}{4}$ 東，就是北偏東 $56\frac{1^\circ}{4}$，
  - 東北東或北 $67\frac{1^\circ}{2}$ 東，就是北偏東 $67\frac{1^\circ}{2}$，
  - 東微北或北 $78\frac{3^\circ}{4}$ 東，就是北偏東 $78\frac{3^\circ}{4}$。
- (2)北西間的方位——北微西、西北北、西北微北、西北、西北微西、西北西、西微北，順次是北偏西 $11\frac{1^\circ}{4}$、$22\frac{1^\circ}{2}$ 等。
- (3)南東間的方位——南微東、東南南、東南微南、東南、東南微東、東南東、東微南，順次是南偏東 $11\frac{1^\circ}{4}$、$22\frac{1^\circ}{2}$ 等。

(4) 南西間的方位——南微西、西南南、西南微南、西南、西南微西、西南西、西微南，順次是南偏西 $11\frac{1^\circ}{4}$、$22\frac{1^\circ}{2}$ 等。

二 函數

1. 正切割弦

(1) $\tan 30^\circ=\frac{1}{\sqrt{3}}$，　$\tan 45^\circ=1$，　$\tan 60^\circ=\sqrt{3}$。

(2) $\sec 30^\circ=\frac{2}{\sqrt{3}}$，　$\sec 45^\circ=\sqrt{2}$，　$\sec 60^\circ=2$。

(3) $\sin 30^\circ=\frac{1}{2}$，　$\sin 45^\circ=\frac{1}{\sqrt{2}}$，　$\sin 60^\circ=\frac{\sqrt{3}}{2}$。

2. 餘切割弦

(1) $\cot 30^\circ=\sqrt{3}$，　$\cot 45^\circ=1$，　$\cot 60^\circ=\frac{1}{\sqrt{3}}$。

(2) $\csc 30^\circ=2$，　$\csc 45^\circ=\sqrt{2}$，　$\csc 60^\circ=\frac{2}{\sqrt{3}}$。

(3) $\cos 30^\circ=\frac{\sqrt{3}}{2}$，　$\cos 45^\circ=\frac{1}{\sqrt{2}}$，　$\cos 60^\circ=\frac{1}{2}$。

3. 記憶法

(1)正切割弦九數記憶法——把牠們改做下面形式，就很容易記得。

$$\frac{3}{(\sqrt{3})^3} \qquad \frac{3}{(\sqrt{3})^2} \qquad \frac{3}{\sqrt{3}}$$

$$\frac{2}{\sqrt{3}} \qquad \frac{2}{\sqrt{2}} \qquad \frac{2}{\sqrt{1}}$$

$$\frac{\sqrt{1}}{2} \qquad \frac{\sqrt{2}}{2} \qquad \frac{\sqrt{3}}{2}$$

(2)餘切割弦九數記憶法——牠們是上九數的倒數，記得上九數，就記得牠們了。

第四　應用表一

一　同角函數的互求

1. 從兩個函數推出它一函數

(1)積　式

$$\begin{cases} \text{Cos A} \times \text{Tan A} = \text{Sin A}, & \text{Sin A} \times \text{Cot A} = \text{Cos A}, & \text{Sin A} \times \text{Sec A} = \text{Tan A}, \\ \text{Cos A} \times \text{Csc A} = \text{Cot A} & \text{Tan A} \times \text{Csc A} = \text{Sec A}, & \text{Cot A} \times \text{Sec A} = \text{Csc A}. \end{cases}$$

(2)商　式

$$\begin{cases} \dfrac{\text{Cos A}}{\text{Cot A}} = \dfrac{\text{Tan A}}{\text{Sec A}} = \text{Sin A}, & \dfrac{\text{Sin A}}{\text{Tan A}} = \dfrac{\text{Cot A}}{\text{Csc A}} = \text{Cos A}, & \dfrac{\text{Sin A}}{\text{Cos A}} = \dfrac{\text{Sec A}}{\text{Csc A}} = \text{Tan A}, \\ \dfrac{\text{Cos A}}{\text{Sin A}} = \dfrac{\text{Csc A}}{\text{Sec A}} = \text{Cot A}, & \dfrac{\text{Tan A}}{\text{Sin A}} = \dfrac{\text{Csc A}}{\text{Cot A}} = \text{Sec A}, & \dfrac{\text{Cot A}}{\text{Cos A}} = \dfrac{\text{Sec A}}{\text{Tan A}} = \text{Csc A}. \end{cases}$$

(3)積商式

$$\begin{cases} \dfrac{1}{\text{Cot A Sec A}} = \text{Sin A}, & \dfrac{1}{\text{Tan A Csc A}} = \text{Cos A}, & \dfrac{1}{\text{Cos A Csc A}} = \text{Tan A}, \\ \dfrac{1}{\text{Sin A Sec A}} = \text{Cot A}, & \dfrac{1}{\text{Sin A Cot A}} = \text{Sec A}, & \dfrac{1}{\text{Cos A Tan A}} = \text{Csc A}. \end{cases}$$

(4)積根式

$$\begin{cases} \text{Cos A}\sqrt{\text{Sec}^2\text{A}-1} = \text{Sin A} & \text{Sin A}\sqrt{\text{Csc}^2\text{A}-1} = \text{Cos A}, & \text{Sec A}\sqrt{1-\text{Cos}^2\text{A}} = \text{Tan A}, \\ \text{Csc A}\sqrt{1-\text{Sin}^2\text{A}} = \text{Cot A}, & \text{Tan A}\sqrt{1+\text{Cot}^2\text{A}} = \text{Sec A}, & \text{Cot A}\sqrt{1+\text{Tan}^2\text{A}} = \text{Csc A}. \end{cases}$$

2. 從一個函數推出它一函數

(1)商　式

$$\frac{1}{\operatorname{Csc} A}=\operatorname{Sin} A,\quad \frac{1}{\operatorname{Sec} A}=\operatorname{Cos} A,\quad \frac{1}{\operatorname{Cot} A}=\operatorname{Tan} A,$$

$$\frac{1}{\operatorname{Tan} A}=\operatorname{Cot} A,\quad \frac{1}{\operatorname{Cos} A}=\operatorname{Sec} A,\quad \frac{1}{\operatorname{Sin} A}=\operatorname{Csc} A.$$

(2)根　式

$$\sqrt{1-\operatorname{Cos}^2 A}=\sqrt{(1+\operatorname{Cos} A)(1-\operatorname{Cos} A)}=\operatorname{Sin} A,$$

$$\sqrt{1-\operatorname{Sin}^2 A}=\sqrt{(1+\operatorname{Sin} A)(1-\operatorname{Sin} A)}=\operatorname{Cos} A,$$

$$\sqrt{\operatorname{Sec}^2 A-1}=\sqrt{(\operatorname{Sec} A+1)(\operatorname{Sec} A-1)}=\operatorname{Tan} A,$$

$$\sqrt{\operatorname{Csc}^2 A-1}=\sqrt{(\operatorname{Csc} A+1)(\operatorname{Csc} A-1)}=\operatorname{Cot} A,$$

$$\sqrt{1+\operatorname{Tan}^2 A}=\operatorname{Sec} A,\qquad \sqrt{1+\operatorname{Cot}^2 A}=\operatorname{Csc} A.$$

(3)商根式

$$\frac{1}{\sqrt{1+\operatorname{Cot}^2 A}}=\frac{\operatorname{Tan} A}{\sqrt{1+\operatorname{Tan}^2 A}}=\frac{\sqrt{\sec^2 A-1}}{\operatorname{Sec} A}=\operatorname{Sin} A,$$

$$\frac{1}{\sqrt{1+\operatorname{Tan}^2 A}}=\frac{\operatorname{Cot} A}{\sqrt{1+\operatorname{Cot}^2 A}}=\frac{\sqrt{\operatorname{Csc}^2 A-1}}{\operatorname{Csc} A}=\operatorname{Cos} A,$$

$$\frac{1}{\sqrt{\operatorname{Csc}^2 A-1}}=\frac{\operatorname{Sin} A}{\sqrt{1-\operatorname{Sin}^2 A}}=\frac{\sqrt{1-\operatorname{Cos}^2 A}}{\operatorname{Cos} A}=\operatorname{Tan} A,$$

$$\frac{1}{\sqrt{\operatorname{Sec}^2 A-1}}=\frac{\operatorname{Cos} A}{\sqrt{1-\operatorname{Cos}^2 A}}=\frac{\sqrt{1-\operatorname{Sin}^2 A}}{\operatorname{Sin} A}=\operatorname{Cot} A,$$

$$\frac{1}{\sqrt{1-\operatorname{Sin}^2 A}}=\frac{\operatorname{Csc} A}{\sqrt{\operatorname{Csc}^2 A-1}}=\frac{\sqrt{1+\operatorname{Cot}^2 A}}{\operatorname{Cot} A}=\operatorname{Sec} A,$$

$$\frac{1}{\sqrt{1-\operatorname{Cos}^2 A}}=\frac{\operatorname{Sec} A}{\sqrt{\operatorname{Sec}^2 A-1}}=\frac{\sqrt{1+\operatorname{Tan}^2 A}}{\operatorname{Tan} A}=\operatorname{Csc} A.$$

3. 從一個函數求它五個函數

(1)從正弦求它函數式

$$\operatorname{Csc} A=\frac{1}{\operatorname{Sin} A},$$

$$\operatorname{Cos} A=\sqrt{1-\operatorname{Sin}^2 A},\qquad \operatorname{Sec} A=\frac{1}{\sqrt{1-\operatorname{Sin}^2 A}},$$

$$\operatorname{Tan} A=\frac{\operatorname{Sin} A}{\sqrt{1-\operatorname{Sin}^2 A}},\qquad \operatorname{Cot} A=\frac{\sqrt{1-\operatorname{Sin}^2 A}}{\operatorname{Sin} A}.$$

(2)從餘弦求它函數式

$$\operatorname{Sec} A=\frac{1}{\operatorname{Cos} A},$$

$$\operatorname{Sin} A=\sqrt{1-\operatorname{Cos}^2 A},\qquad \operatorname{Csc} A=\frac{1}{\sqrt{1-\operatorname{Cos}^2 A}},$$

$$\operatorname{Cot} A=\frac{\operatorname{Cos} A}{\sqrt{1-\operatorname{Cos}^2 A}},\qquad \operatorname{Tan} A=\frac{\sqrt{1-\operatorname{Cos}^2 A}}{\operatorname{Cos} A}.$$

(3)從正切求它函數式

$$\operatorname{Cot} A=\frac{1}{\operatorname{Tan} A},$$

$$\operatorname{Sec} A=\sqrt{1+\operatorname{Tan}^2 A},\qquad \operatorname{Cos} A=\frac{1}{\sqrt{1+\operatorname{Tan}^2 A}},$$

$$\operatorname{Sin} A=\frac{\operatorname{Tan} A}{\sqrt{1+\operatorname{Tan}^2 A}},\qquad \operatorname{Csc} A=\frac{\sqrt{1+\operatorname{Tan}^2 A}}{\operatorname{Tan} A}.$$

(4)從餘切求它函數式

$$\operatorname{Tan} A=\frac{1}{\operatorname{Cot} A},$$

$$\operatorname{Csc} A=\sqrt{1+\operatorname{Cot}^2 A},\qquad \operatorname{Sin} A=\frac{1}{\sqrt{1+\operatorname{Cot}^2 A}},$$

$$\operatorname{Cos} A=\frac{\operatorname{Cot} A}{\sqrt{1+\operatorname{Cot}^2 A}},\qquad \operatorname{Sec} A=\frac{\sqrt{1+\operatorname{Cot}^2 A}}{\operatorname{Cot} A}.$$

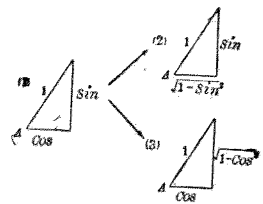
$$\operatorname{Cos} A=\frac{1}{\operatorname{Sec} A},$$

(5)從正割求它函數式 $\begin{cases} \operatorname{Tan} A=\sqrt{\operatorname{Sec}^2 A-1}, & \operatorname{Cot} A=\dfrac{1}{\sqrt{\operatorname{Sec}^2 A-1}}, \\ \operatorname{Csc} A=\dfrac{\operatorname{Sec} A}{\sqrt{\operatorname{Sec}^2 A-1}}, & \operatorname{Sin} A=\dfrac{\sqrt{\operatorname{Sec}^2 A-1}}{\operatorname{Sec} A}. \end{cases}$

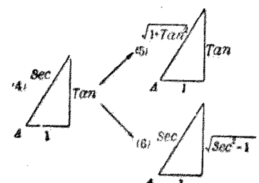
(6)從餘割求它函數式 $\begin{cases} \operatorname{Sin} A=\dfrac{1}{\operatorname{Csc} A}, & \\ \operatorname{Cot} A=\sqrt{\operatorname{Csc}^2 A-1}, & \operatorname{Tan} A=\dfrac{1}{\sqrt{\operatorname{Csc}^2 A-1}}, \\ \operatorname{Sec} A=\dfrac{\operatorname{Csc} A}{\sqrt{\operatorname{Csc}^2 A-1}}, & \operatorname{Cos} A=\dfrac{\sqrt{\operatorname{Csc}^2 A-1}}{\operatorname{Csc} A}. \end{cases}$

4. 記憶法

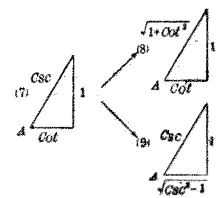
(1) 3 的(1)、(2)各式記憶法——先依解釋函數意義的單位圓，畫(1)圖，次依商高定理變做(2)、(3)圖，後依直角三角形邊角公式求A角的各函數。



(2) 3 的(3)、(5)各式記憶法——仿前先畫(4)圖，次變做(5)、(6)圖，後求A角的各函數。



(3) 3 的(4)、(6)各式記憶法——仿前先畫(7)圖，次變做(8)、(9)圖，後求A角的各函數。



二 角度和函數的互求

1. 求特別角度的函數

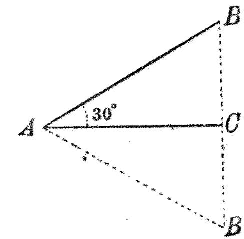
(1) 30° 的函數

甲. 求法——先設∠CAB=30°，並畫直角三角形 ABC 和全等於牠的直角三角形 AB′C；後從 $CB=\frac{1}{2}AB$， $AC=\frac{\sqrt{3}}{2}AB$， 得；

$$\operatorname{Sin} 30^\circ=\frac{CB}{AB}=\frac{1}{2},\quad \operatorname{Cos} 30^\circ=\frac{AC}{AB}=\frac{\sqrt{3}}{2},$$

$$\operatorname{Tan} 30^\circ=\frac{CB}{AC}=\frac{1}{\sqrt{3}},\quad \operatorname{Cot} 30^\circ=\frac{AC}{CB}=\sqrt{3},$$

$$\operatorname{Sec} 30^\circ=\frac{AB}{AC}=\frac{2}{\sqrt{3}},\quad \operatorname{Csc} 30^\circ=\frac{AB}{CB}=2.$$



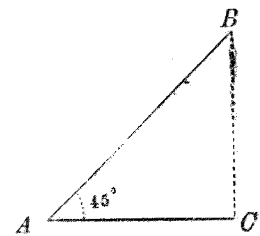
乙. 理由
- (甲′)三角形等角所抱的邊相等同三角和定理。
- (乙′)商高定理和正方形的面積定理。

(2) 45° 的函數

甲. 求法——先設∠CAB=45°，並畫直角三角形 ABC；後從 $CB=AC=\frac{1}{\sqrt{2}}AB$，得：

$$\operatorname{Sin} 45^\circ=\frac{1}{\sqrt{2}},\quad \operatorname{Cos} 45^\circ=\frac{1}{\sqrt{2}},\quad \operatorname{Tan} 45^\circ=1,$$

$$\operatorname{Cot} 45^\circ=1,\quad \operatorname{Sec} 45^\circ=\sqrt{2},\quad \operatorname{Csc} 45^\circ=\sqrt{2}.$$



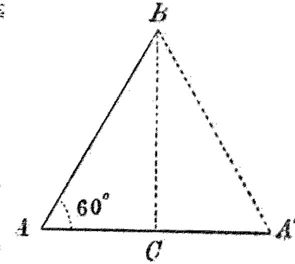
乙．理由——同前。

(3) 60° 的函數

甲．求法——先設∠CAB＝60°，並畫直角三角形 ABC 和全等於牠的直角三角形 A′BC；後從 $CB=\frac{\sqrt{3}}{2}AB$，$AC=\frac{1}{2}AB$，得：

$\text{Sin } 60°=\frac{\sqrt{3}}{2}$， $\text{Cos } 60°=\frac{1}{2}$，$\text{Tan } 60°=\sqrt{3}$，

$\text{Cot } 60°=\frac{1}{\sqrt{3}}$， $\text{Sec } 60°=2$， $\text{Csc } 60°=\frac{2}{\sqrt{3}}$。



乙．理由——同前。

2. 求一般角度的函數

查三角函數表。 無論甚麼銳角，一個角度的某函數祇有一個數值。

3. 求約略的函數

在方格紙裏，拿角頂做心，畫單位圓的象限弧，並畫弦切割綫，如前解釋函數意義的圖。 若半徑佔10格，可得正餘弦切的二位略數；若半徑佔 100 格，可得正餘弦切的三位略數。

4. 求特別函數的角度

三角表解

- (1) 正弦是$\frac{1}{2}$、$\frac{1}{\sqrt{2}}$、$\frac{\sqrt{3}}{2}$的角度
  - 甲. 求法——先設 $CB=1$，$AB=2$，並畫直角三角形 ABC 和全等於牠的直角三角形 AB′C，或設 $CB=1$，$AB=\sqrt{2}$，並畫直角三角形 ABC，或設 $CB=\sqrt{3}$，$AB=2$，並畫直角三角形 ABC 和全等於牠的直角三角形 A′BC；後從 $\angle CAB=\frac{1}{2}\angle B'AB=30°$，得 $\mathrm{Sin}\ 30°=\frac{1}{2}$，或從 $\angle CAB=45°$，得 $\mathrm{Sin}\ 45°=\frac{1}{\sqrt{2}}$，或從 $\angle CAB=60°$，得 $\mathrm{Sin}\ 60°=\frac{\sqrt{3}}{2}$.
  - 乙. 理由
    - (甲′)三角形等邊所張的角相等同三角和定理.
    - (乙′)商高定理.
- (2) 餘弦是$\frac{\sqrt{3}}{2}$、$\frac{1}{\sqrt{2}}$、$\frac{1}{2}$的角度
  - 甲. 求法——先設 $AC=\sqrt{3}$，$AB=2$，或 $AC=1$，$AB=\sqrt{2}$，或 $AC=1$，$AB=2$，仿前畫圖；後再仿前得 $\mathrm{Cos}\ 30°=\frac{\sqrt{3}}{2}$，或 $\mathrm{Cos}\ 45°=\frac{1}{\sqrt{2}}$，或 $\mathrm{Cos}\ 60°=\frac{1}{2}$.
  - 乙. 理由——同前.
- (3) 正切是$\frac{1}{\sqrt{3}}$、1、$\sqrt{3}$的角度
  - 甲. 求法——先設 $CB=1$，$AC=\sqrt{3}$，或 $CB=1$，$AC=1$ 或 $CB=\sqrt{3}$，$AC=1$，仿前畫圖；後再仿前得 $\mathrm{Tan}\ 30°=\frac{1}{\sqrt{3}}$，或 $\mathrm{Tan}\ 45°=1$，或 $\mathrm{Tan}\ 60°=\sqrt{3}$.
  - 乙. 理由——同前.

(4)餘切是$\sqrt{3}$、1、$\frac{1}{\sqrt{3}}$的角度
- 甲. 求法——仿(3)法，得 $\mathrm{Cot}\,30^\circ=\sqrt{3}$，或 $\mathrm{Cot}\,45^\circ=1$，或 $\mathrm{Cot}\,60^\circ=\frac{1}{\sqrt{3}}$.
- 乙. 理由——同前.

(5)正割是$\frac{2}{\sqrt{3}}$、$\sqrt{2}$、2的角度
- 甲. 求法——仿(2)法，得 $\mathrm{Sec}\,30^\circ=\frac{2}{\sqrt{3}}$，或 $\mathrm{Sec}\,45^\circ=\sqrt{2}$，或 $\mathrm{Sec}\,60^\circ=2$.
- 乙. 理由——同前.

(6)餘割是2、$\sqrt{2}$、$\frac{2}{\sqrt{3}}$的角度
- 甲. 求法——仿(1)法，得 $\mathrm{Csc}\,30^\circ=2$，或 $\mathrm{Csc}\,45^\circ=\sqrt{2}$，或 $\mathrm{Csc}\,60^\circ=\frac{2}{\sqrt{3}}$.
- 乙. 理由——同前.

5. 求一般函數的角度

查三角函數表. 無論甚麼函數，祇能屬於一個角度的銳角.

6. 求約略的角度

在方格紙裏，晝單位圓的象限弧，並分圓心角做若干等份. 若半徑佔10格，可得二位數正餘弦切的約略角度；若半徑佔100格，可得三位數正餘弦切的約略角度.

三 直角三角形角邊的互求

1. 求角

- (1)從角式
  - 甲. 求A的——$A=90^\circ-B$.
  - 乙. 求B的——$B=90^\circ-A$.
- (2)從邊式
  - 甲. 求A的——$\operatorname{Tan} A=\frac{a}{b}$, $\operatorname{Sin} A=\frac{a}{c}$, $\operatorname{Cos} A=\frac{b}{c}$,
    $\operatorname{Cot} A=\frac{b}{a}$, $\operatorname{Csc} A=\frac{c}{a}$, $\operatorname{Sec} A=\frac{c}{b}$.
  - 乙. 求B的——$\operatorname{Tan} B=\frac{b}{a}$, $\operatorname{Sin} B=\frac{b}{c}$, $\operatorname{Cos} B=\frac{a}{c}$,
    $\operatorname{Cot} B=\frac{a}{b}$, $\operatorname{Csc} B=\frac{c}{b}$, $\operatorname{Sec} B=\frac{c}{a}$.

2. 求邊

- (1)從邊式
  - 甲. 求a的——$a=\sqrt{c^2-b^2}=\sqrt{(c+b)(c-b)}$.
  - 乙. 求b的——$b=\sqrt{c^2-a^2}=\sqrt{(c+a)(c-a)}$.
  - 丙. 求c的——$c=\sqrt{a^2+b^2}$.
- (2)從邊角式
  - 甲. 求a的——$a=b\operatorname{Tan} A=c\operatorname{Sin} A=b\operatorname{Cot} B=c\operatorname{Cos} B$
    $=\frac{b}{\operatorname{Cot} A}=\frac{c}{\operatorname{Csc} A}=\frac{b}{\operatorname{Tan} B}=\frac{c}{\operatorname{Sec} B}$.
  - 乙. 求b的——$b=a\operatorname{Cot} A=c\operatorname{Cos} A=a\operatorname{Tan} B=c\operatorname{Sin} B$
    $=\frac{a}{\operatorname{Tan} A}=\frac{c}{\operatorname{Sec} A}=\frac{a}{\operatorname{Cot} B}=\frac{c}{\operatorname{Csc} B}$.

丙. 求c的——$c=\frac{a}{\operatorname{Sin} A}=\frac{b}{\operatorname{Cos} A}=\frac{a}{\operatorname{Cos} B}=\frac{b}{\operatorname{Sin} B}$

$=a \operatorname{Csc} A=b \operatorname{Sec} A=a \operatorname{Sec} B=b \operatorname{Csc} B$.

四　解直角三角形

*在直角三角形六元素 A、B、C、a、b、c 裏，除 C外，從兩元素（至少含 a、b、c 三者之一）求餘三個元素，叫做解直角三角形 ABC。 但是知 A 求 B，知 B 求 A，都是用 $B=90°-A$，$A=90°-B$，可以略去，下面祇舉求邊的式。

1. 知一銳角大和一邊長

第四應用表一

(1)這邊是這銳角所抱的
- 甲. 知 a、A 求 b、c——$b=\frac{a}{\operatorname{Tan} A}$，　$c=\frac{a}{\operatorname{Sin} A}$.
- 乙. 知 b、B 求 a、c——$a=\frac{b}{\operatorname{Tan} B}$，　$c=\frac{b}{\operatorname{Sin} B}$.

(2)這邊非斜邊屬這銳角的
- 甲. 知 a、B 求 b、c——$b=a \operatorname{Tan} B$，　$c=\frac{a}{\operatorname{Cos} B}$.
- 乙. 知 A、b 求 a、c——$a=b \operatorname{Tan} A$，　$c=\frac{b}{\operatorname{Cos} A}$.

(3)這邊是斜邊的
- 甲. 知 A、c 求 a、b——$a=c \operatorname{Sin} A$，　$b=c \operatorname{Cos} A$.
- 乙. 知 B、c 求 a、b——$a=c \operatorname{Cos} B$，　$b=c \operatorname{Sin} B$.

2. 知兩邊長

(1) 兩邊都不是斜邊的——知 a、b 求 A、B、c——$\operatorname{Tan} A=\frac{a}{b}$，　$\operatorname{Tan} B=\frac{b}{a}$，

$c=\sqrt{a^2+b^2}$

(2) 有一邊是斜邊的

甲. 知 a、c 求 A、b、B——$\operatorname{Sin} A=\frac{a}{c}$，　$\operatorname{Cos} B=\frac{a}{c}$，

$b=\sqrt{c^2-a^2}=\sqrt{(c+a)(c-a)}$。

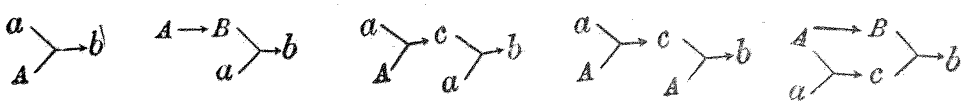
乙. 知 b、c 求 a A、B——$\operatorname{Cos} A=\frac{b}{c}$，　$\operatorname{Sin} B=\frac{b}{c}$，

$a=\sqrt{c^2-b^2}=\sqrt{(c+b)(c-b)}$。

注意：這裏所舉，都是從已知元素求未知元素最直接最簡便的式子。若不限定簡便，從 a、A 求 b，可有下面兩式：

$$b=a\operatorname{Cot} A,\quad b=\frac{a}{\operatorname{Tan} A}.$$

又不限定直接，可有下面五種求法：



其餘都是這樣，並且都可再改做[illegible]數式。所以沒有限制，求法就非常的多了。

五　解斜角三角形

*解斜角三角形 ABC，就是從三元素(至少含 a、b、c 三者之一)求餘三個元素；都能先畫高綫，成功可解的直角三角形。

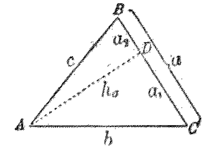
1. 知兩邊長和一角大

甲 { 知 a、b、C / 求 A、B、c }

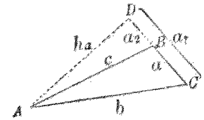
(甲′)畫 a 邊高綫，並設 AD、DC、BD 順次是 h_a；a_1、a_2 單位長，如右方(1)、(2)、(3)圖。

(1)圖 ABC是銳角三角形，或是鈍角三角形而 ∠CAB是鈍角。先從直角三角形 ACD，依 $h_a=b\ \mathrm{Sin}\ C$ 求 h_a，依 $a_1=\sqrt{(b+h_a)(b-h_a)}$ 求 a_1，並從 $a_2=a-a_1$ 求 a_2；後從直角三角形 ADB，依 $\mathrm{Tan}B=\frac{h_a}{a_2}$ 求 $\underline{B}$，依 $c=\sqrt{h_a^2+a_2^2}$ 求 $\underline{c}$，並從 $A=180°-C-B$ 求 $\underline{A}$。

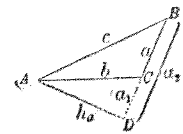
(2)圖 ABC 是鈍角三角形，∠ABC 是鈍角。先從直角三角形 ACD，仿前求 h_a、a_1，並從 $a_2=a_1-a$ 求 a_2；後從直角三角形 ADB，依 $\mathrm{Tan}\ DBA=\mathrm{Tan}(180°-B)=\frac{h_a}{a_2}$ 求 $180°-B$和$\underline{B}$，並仿前求 $\underline{c}$、$\underline{A}$。



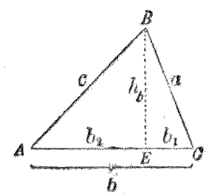
(1)



(2)



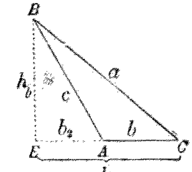
(3)



(4)

(1) 兩邊都屬於這角的

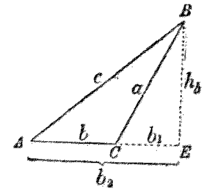
(3)圖ABC是鈍角三角形，∠BCA是鈍角。先從直角三角形ACD，依 $h_a=b\,\mathrm{Sin}\,ACD=b\,\mathrm{Sin}(180°-c)$ 求 h_a，並仿前求 a_1，從 $a_2=a+a_1$ 求 a_2；後從直角三角形ADB仿(1)法求B、c、A。



(5)

(乙′)畫b邊高綫，並設BE、EC、AE順次是 h_b、b_1、b_2 單位長，如右方(4)、(5)、(6)圖。

仿(甲′)法，祗拿a代b，h_b 代 h_a，b_1 代 a_1，b_2 代 a_2，A代B，B代A，就求得A、c、B。



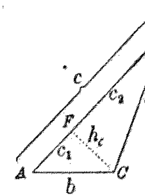
(6)

乙．知a、B、c求A、b、C——解法和甲一樣。

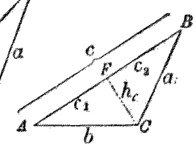
丙．知A、b、c求a、B、C——解法和甲一樣。

甲 知a、A、b 求B、c、C

畫c邊高綫，並設CF、AF、FB順次是 h_c、c_1、c_2 單位長，因∠CAB是銳角，a>b；或∠CAB是銳角，a=b，或∠CAB是銳角，a<b，或∠CAB是鈍角，而有(1)、(2)、(3)、(4)四圖。



(1)

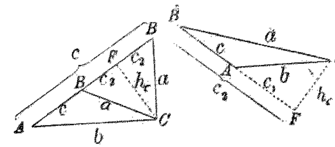


(2)

先從直角三角形ACF，依 $h_c=b\,\mathrm{Sin}A$ 或 $b\,\mathrm{Sin}(180°-A)$ 求 h_c，依 $c_1=$

(2) 一邊不屬於這角的

$\sqrt{(b+h_c)(b-h_c)}$ 求 c_1；後從直角三角形 BCF，依 $\operatorname{Sin} B$ 或 $\operatorname{Sin}(180°-B)=\frac{h_c}{a}$ 求 B，依 $c_2=\sqrt{(a+h_c)(a-h_c)}$ 求 c_2，並從 $C=180°-A-B$ 求 C，從 $c=c_1+c_2$ 或 c_1-c_2 或 c_2-c_1 求 c。除(3)圖的 B、c、C 有兩組值之外，其餘各祇有一組值。



(3)　　(4)

乙. 知 a、b、B 求 A、c、C——解法和甲一樣。

丙. 知 a、A、c 求 b、B、C——同前。

丁. 知 a、c、C 求 A、b、B——同前。

戊. 知 b、B、c 求 a、A、C——同前。

已. 知 b、c、C 求 a、A、B——同前。

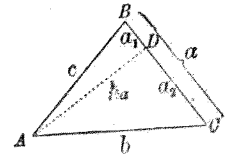
2. 知兩角大和一邊長

(甲′) 畫 a 邊高綫，並設 AD、BD、DC 順次是 h_a、a_1、a_2 單位長，如下方 (1)、(2)、(3)圖。

(1) 兩角都含這一邊的

甲 知A、B、c 求a、b、C

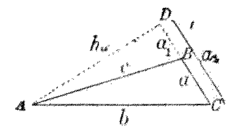
先從 $C=180°-A-B$ 求 C；次從直角三角形 ADB，依 $h_a=c\ \mathrm{Sin}\ B$ 或 $\mathrm{Sin}\ (180-B)$ 求 h_a，依 $a_1=\sqrt{(c+h_a)(c-h_a)}$ 求 a_1；後從直角三角形 ACD，依 $b=\dfrac{h_a}{\mathrm{Sin}\ C}$ 或 $\dfrac{h_a}{\mathrm{Sin}\ (180°-C)}$ 求 b，依 $a_2=\sqrt{(b+h_a)(b-h_a)}$ 求 a_2，並從 $a=a_1+a_2$ 或 a_2-a_1 或 a_1-a_2 求 a.



(1)

(乙′) 畫 b 邊高綫，並設 BE、AE、EC 順次是 h_b、b_1、b_2 單位長。

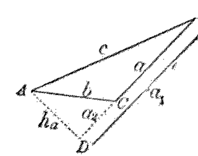
仿(甲′)法，祇拿 h_b 代 h_a，A 代 B，b_1 代 a_1，a 代 b，b_2 代 a_2，b 代 a，就求得 a、b、C



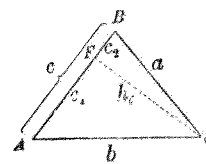
(2)

(丙′) 畫 c 邊高綫，並設 CF、AF、FB 順次是 h_c、c_1、c_2 單位長，如右方(4)、(5)、(6)圖。

先從 $h_c=c_1\ \mathrm{Tan}\ A=(c-c_1)\mathrm{Tan}\ B$，或 $h_c=c_1\ \mathrm{Tan}(180°-A)=(c+c_1)\mathrm{Tan}\ B$，或 $h_c=c_1\ \mathrm{Tan}\ A=(c_1-c)\ \mathrm{Tan}\ (180°-B)$，求 c_1，並從 $c_2=c-c_1$ 或 $c+c_1$ 或 c_1-c 求 c_2；後從 $a=\dfrac{c_2}{\mathrm{Cos}\ B}$ 或 $\dfrac{c_2}{\mathrm{Cos}(180°-B)}$ 求 a，從 $b=\dfrac{c_1}{\mathrm{Cos}\ A}$



( )

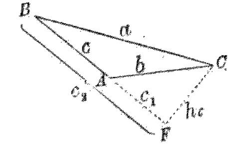


(4)

或 $\frac{c_1}{\cos(180°-A)}$ 求 b，並從 $C=180°-A-B$ 求 C。

乙. 知 A、b、C 求 a、B、c ——解法和甲一樣。

丙. 知 a、B、C 求 A、b、c ——同前。



(5)

(2) 一角不含這一邊的

甲. 知 A、c、C 求 a、b、B ——先從 $B=180°-A-C$ 求 B，後仿(1)甲法求 a、b.

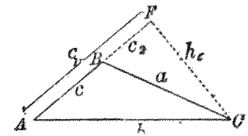
乙. 知 B、c、C 求 a、A、b ——解法和甲一樣。

丙. 知 A、b、B 求 a、c、C ——同前。

丁. 知 b、B、C 求 a、A、c ——同前。

戊. 知 a、A、B 求 b、c、C ——同前。

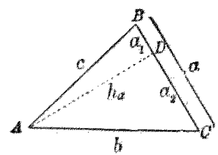
己. 知 a、A、C 求 b、B、c ——同前。



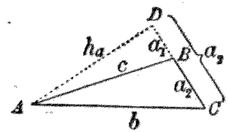
(6)

▲ 3. 知三邊長

畫 a 邊高綫，並設 AD、BD、DC 順次是 h_a、a_1、a_2 單位長，如右方(1)、(2)、(3)圖。先從 $h_a^2=c^2-a_1^2=b^2-(a-a_1)^2$，或 $h_a^2=c^2-a_1^2=b^2-(a+a_1)^2$，或 $h_a^2=c^2-a_1^2=b^2-(a_1-a)^2$，求



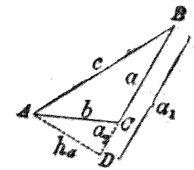
(1)



(2)

三角表解

知 a、b c 求 A、B、C		a_1，並從 $a_2=a-a_1$ 或 $a+a_1$ 或 a_1-a 求 a_2；後從 $\cos B$ 或 $\cos(180°-B)=\frac{a_1}{c}$ 求 B，從 $\cos C$ 或 $\cos(180°-C)=\frac{a_2}{b}$ 求 C，並從 $A=180°-B-C$ 求 A。 畫 b 邊高線或 c 邊高線，也能仿此求 A、B、C。



(3)

第五　應用表二

一　簡易測量

1. 定綫面角

- (1)定水平綫
  - 甲. 直接法——把水準放在直綫上，使氣泡在中央。
  - 乙. 間接法
    - (甲′)看牠是不是水平面內的直綫，或水平面和另一平面的交綫。
    - (乙′)看牠是不是水平綫的平行綫。
    - (丙′)看牠是不是鉛垂綫的垂綫。
    - (丁′)看牠是不是鉛垂面的垂綫，即鉛垂面內相交兩直綫的公垂綫。
- (2)定水平面
  - 甲. 直接法——把水準放在平面上，使含相交的兩水平綫。
  - 乙. 間接法
    - (甲′)看牠是不是含相交的兩水平綫。
    - (乙′)看牠是不是相交兩水平綫的公平行面，即含各綫的一平行綫的平面，或另一水平面的平行面。
    - (丙′)看牠是不是鉛垂綫的垂面，即含這綫的相交兩垂綫的平面。
- (3)定水平角——看兩邊是不是水平綫。
-
  - 甲. 直接法——把銅錘懸在直綫旁，使和錘同方向。

(4)定鉛垂綫
- 乙. 間接法
  - (甲')看牠是不是鉛垂綫的平行綫.
  - (乙')看牠是不是鉛垂面內水平綫的垂綫.
  - (丙')看牠是不是相交兩水平綫的公垂綫，或一水平面的垂綫，或兩鉛垂面的交綫.

(5)定鉛垂面
- 甲. 直接法——把銅錘放在平面旁，使含一鉛垂綫.
- 乙. 間接法
  - (甲')看牠是不是含一鉛垂綫.
  - (乙')看牠是不是水平綫的垂面，即含這綫的相交兩垂綫的平面.

(6)定鉛垂角——看兩邊是不是在一鉛垂面內並且有無一邊是水平綫.

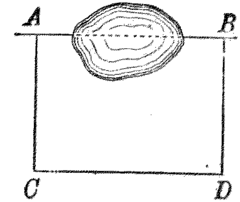
注意：(1)含相交兩直綫或平行兩直綫的，祇能有一平面. 含一定點的水平面或鉛垂綫，都是祇有一個. 含一定水平面內一定點的水平綫，都在這個水平面內；含一定鉛垂面內一定點的鉛垂綫，都在這個鉛垂面內. 含一定直綫而非鉛垂綫的鉛垂面，也是祇有一個.

(2) 一直綫祇能交一平面於一點，二平面祇能交於一直綫. 一直綫垂直它兩直綫於一點時，就是含它兩直綫的平面垂綫.

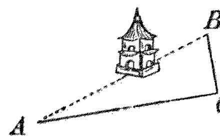
(3)同直綫的平行綫平行，同平面的垂綫平行. 含一直綫平行綫的平面，就是這綫的平行面；含相交兩直綫平行綫的平面，就是這兩綫的公平行面，或含這兩綫的平面的平行面.

2. 量綫

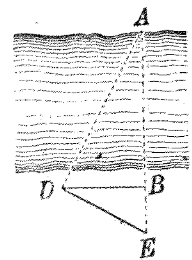
- 甲．直接法——用鏈尺或捲尺等，從直綫 AB 的 A 端量到 B 端。
- 乙．間接法
  - (甲′) A,B 都能到而中間有障礙，有時可照 (1) 圖，畫 AB 的垂綫 AC,BD,使 AC=BD,成功長方形 ABDC. 因爲 AB=CD, 就量 CD 來代 AB.
  - (乙′)在 A 不能見 B,有時可照 (2) 圖，從 A 畫一直綫，並從 B 畫牠的垂綫，成功直角三角形 ABC. 因爲 $\overline{AB}^2=\overline{AC}^2+\overline{CB}^2$,就量 AC、CB 算出 AB 的長。
  - (丙′) A 不能到，有時可照(3)圖，畫 AB 的垂綫，成功直角三角形 ADB,並畫 AD 的垂綫，成功直角三角形 ADE. 因爲△ADB 和△DEB 相似，而 $\overline{AB}\times\overline{BE}=\overline{DB}^2$,就量 DB、BE 算出 AB 的長。



(1)



(2)



(3)

因爲直線段在牠的平行面內的射影和牠相等，所以在測量上，量一綫段，常量這種射影以求便利。

3. 測角

(1)測水平角

甲. 直接法——用羅盤儀或經緯儀等，從水平角 ZHP 的 HZ 邊測到 HP 邊.

乙. 間接法

(甲′)在 H 處放儀器，人眼在含 H 鉛垂綫內 H′ 處測不和 H 在同水平面內的 P 對於 H 的方位，就是測 HP 在含 H 水平面內射影 HZ 和南北綫 SN 的夾角 ZHN，可照(1)圖：

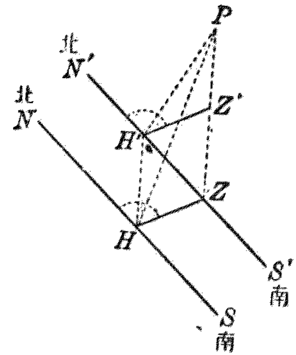
(a)定含 H′ 的水平面.

(b)定含 H′ 和 P 到 H′ 水平面的垂綫的平面，即含 HH′、H′P 的平面.

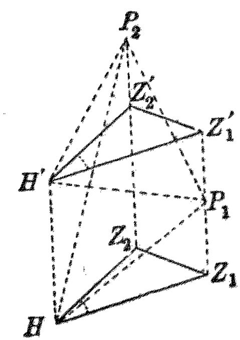
(c)定 H′P 在 H′ 水平面內的射影，即前平面和 H′ 水平面的交綫 H′Z′.

因為 ∠Z′H′N′=∠ZHN，就量∠Z′H′N′ 來代 ∠ZHN.

(乙′)仿前放儀器，用眼測不和 H 在同水平面內的 P_1、P_2 對於H的水平角，就是 HP_1、HP_2 在含 H 水平面內的射影 HZ_1、HZ_2 的夾角 Z_1HZ_2，可照(2)圖：



(1)



(2)

(a)定含 H′的水平面。

(b)定含 HH′、HP_1 的平面和含 HH′、HP_2 的平面。

(c)定前兩平面和 H′水平面的交綫 HZ'_1、HZ'_2。

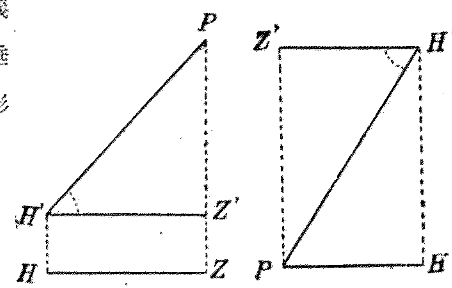
因爲$\angle Z'_1H'Z'_2 = \angle Z_1HZ_2$，就量$\angle Z'_1H'Z'_2$來代$\angle Z_1HZ_2$。

(2)測鉛垂角——在 H 或含 H 的鉛垂綫內某處放經緯儀或它儀器，人眼在這綫內 H′處，測 P 對於 H′的鉛垂角，就是 H′P 和牠在含 H′的水平面內射影 H′Z′ 的夾角 Z′H′P，可照(3)或(4)圖：

(a)定含 H′的水平面。

(b)定含 HH′、H′P 的平面。

(c)定前平面和 H′水平面的交綫 H′Z′。



(3) (4)

由此得$\angle Z'H'P$，而(4)圖的$\angle Z'H'P$等於$\angle HPH'$。

注意：(2)圖 Z_1Z_2 和 $Z'_1Z'_2$ 的長都是 P_1、P_2 的水平距離。(3)圖 HZ、H′Z′ 和(4)圖 HP 的長，都是 H′P 的水平距離。(3)、(4)圖 Z′P 的長，都是 H′P 的鉛垂距離。

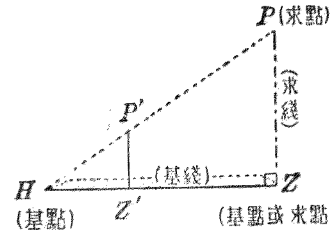
4.求高和距離

平常求河闊或路遠，都是求水平距離，河闊就是兩岸公垂綫在水平面內射影的長，路遠也是路綫在水平面

內射影的長；在測量時，可在一水平面內，定人眼所在的基點和屬於這種射影的求綫，以求綫爲一邊，基點爲角頂，成功水平面三角形，叫水平面測量。　平常求山高或河深，都是求鉛垂距離；在測量時，須定人眼所在的基點、和含基點同表山高河深的求綫二者的鉛垂面，以求綫爲一邊，基點爲角頂，成功鉛垂面三角形，叫鉛垂面測量。　鉛垂面測量也可以求河闊路遠。

(甲′)方法

- a．不測角的——可照(i)圖：
  - (a) 量 HZ′、HZ、Z′P′——直接或間接。(若知 HZ 的長，卽可不量)
  - (b)依 HZ′:HZ=Z′P′:ZP，求 ZP 長。



(i)

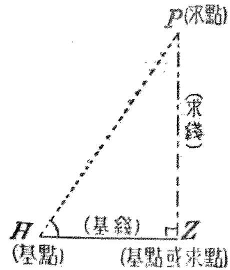
—表可量或長已知的綫段。
-----表長要求的求綫。
……表補成三角形的補助綫

- b．須測角的——可照(ii)或(iii)圖：
  - (a)作∠PZH，使∠PZH=1直角。
  - (b)量 HZ——直接或間接。

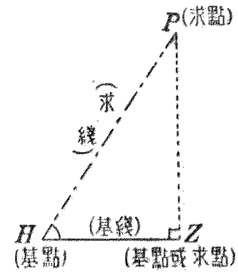
甲 成功直角三角形而直角一邊是基綫的

(c)測∠ZHP.

(d)依 $ZP = HZ \tan ZHP$,或 $HP = \dfrac{HZ}{\cos ZHP}$,求 ZP 或 HP 的長.



(ii)



(iii)

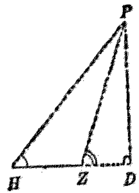
(乙′)實例——某家臨河,隔河有樹. 河岸綫成水平綫,從正對樹的甲點,沿河岸量 m 公尺到乙點,並測得樹基和甲點對乙點的水平角爲 α 度. 求樹基離甲點有多遠! 又乙處有船,從乙坐船到樹所在處,要走多少公尺的路?

乙. 成功直角三形而直角的邊都不是基綫的——可照(iv)或(v)或(vi)或(vii)圖:

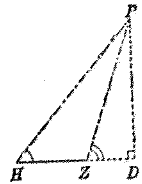
(a)量 HZ——直接或間接.

(b)測∠DHP 和 ∠DZP.

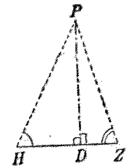
(1)水平面測量



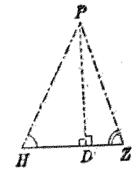
(iv)



(v)



(vi)



(vii)

(c)先從 HDP 和 ZDP 兩個三角形,得 ZD Tan DZP=(HZ±ZD) Tan DHP,知道

$$ZD=\frac{HZ\ \mathrm{Tan}\ DHP}{\mathrm{Tan}\ DZP\mp\mathrm{Tan}\ DHP};\quad \text{再從這式得}\ DP=\frac{HZ\ \mathrm{Tan}\ DHP\ \mathrm{Tan}\ DZP}{\mathrm{Tan}\ DZP\mp\mathrm{Tan}\ DHP},$$

$$ZP=\frac{HZ\ \mathrm{Tan}\ DHP}{(\mathrm{Tan}\ DZP\mp\mathrm{Tan}\ DHP)\ \mathrm{Cos}\ DZP},\quad HP=\frac{HZ\ \mathrm{Tan}\ DZP}{(\mathrm{Tan}\ DZP\mp\mathrm{Tan}\ DHP)\ \mathrm{Cos}\ DHP},$$

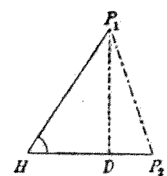
依這三式求 DP、ZP、HP 的長。

(甲′)方法——可照(viii)或 ix圖):

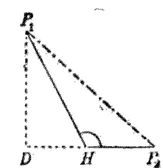
(a)量HP_1和HP_2——直接或間接。

(b)測$\angle P_2HP_1$。

(c)先從三角形 DHP_1,得 $DP_1=HP_1\ \mathrm{Sin}\ P_2HP_1$



(viii)



(ix)

丙 不成直角三角形而求綫兩端都可到的

或$HP_1 \operatorname{Sin}(180^\circ - \angle P_2HP_1)$,

$HD = HP_1 \operatorname{Cos} P_2HP_1$或$HP_1 \operatorname{Cos}(180^\circ - \angle P_2HP_1)$;

後從這兩式和三角形DP_2P_1,得

$$P_2P_1 = \sqrt{(HP_1 \operatorname{Sin} P_2HP_1)^2 + (HP_2 - HP_1 \operatorname{Cos} P_2HP_1)^2}\text{或}$$

$$\sqrt{[HP_1 \operatorname{Sin}(180^\circ - \angle P_2HP_1)]^2 + [HP_2 + HP_1 \operatorname{Cos}(180^\circ - \angle P_2HP_1)]^2}$$

$$= \sqrt{\overline{HP_1}^2 + \overline{HP_2}^2 - 2\overline{HP_1} \times \overline{HP_2} \operatorname{Cos} P_2HP_1}$$

$$\text{或}\sqrt{\overline{HP_1}^2 + \overline{HP_2}^2 + 2\overline{HP_1} \times \overline{HP_2} \operatorname{Cos}(180^\circ - \angle P_2HP_1)},$$

依這式求P_2P_1的長.

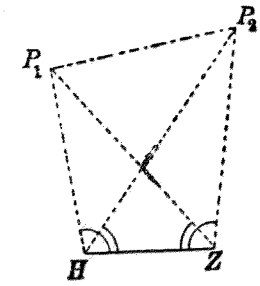
(乙′)實例——某家前後,各有一電綫桿. 在某家旁取一點甲,量得從甲到各桿基的水平距離爲m公尺和n公尺,並測得兩桿基對甲的水平角爲a度. 求兩桿基的距離!

丁. 不成直角三角形而求綫兩端都不可到的——可照(x)圖:

(a)量 HZ ——直接或間接.

(b)量ZHP_1、ZHP_2、P_2ZH、P_1ZH各角.

(c)先從三角形 HZP_1 求 ZP_1 的長，次從三角形 HZP_2 求 ZP_2 的長，後從三角形 P_1ZP_2 求 P_1P_2 的長。

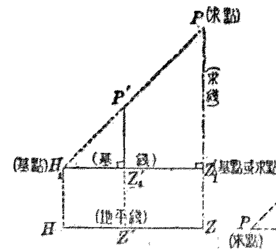


(x)

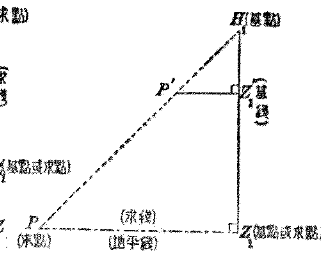
(甲′)方法

a．不測角的——可照(i)或(ii)圖，仿(1)甲(甲′)a法求 Z_1P 的長。

但在(i)圖，須再依 $ZP=Z_1P+HH_1$，求 ZP 的長。

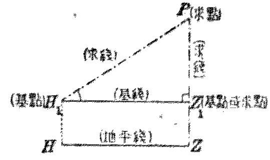


(i)

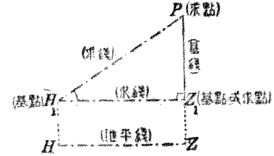


(ii)

b．測仰角的——可照(iii)或(iv)圖 仿(1)甲(甲′)b法求 H_1P 和 Z_1P 或 H_1Z_1 的長。但在(iii)圖，須再求 ZP 長；在(iv)圖，須先求 $\angle H_1PZ_1$ 的度數。



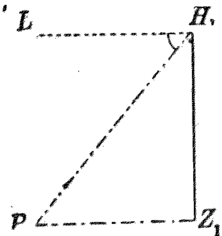
(iii)



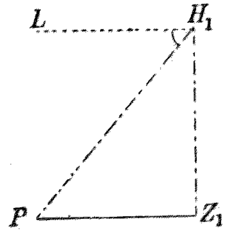
(iv)

甲 { 成功直角三角形而直角一邊是基綫的

c. 測俯角的——可照(v)或(vi)圖，仿b法求 H_1P 和 Z_1P 或 H_1Z_1 的長。但在(v)圖，因為 $\angle PH_1Z_1=90^\circ-\angle LH_1P$；在(vi)圖，因為 $\angle Z_1PH_1=\angle LH_1P$。



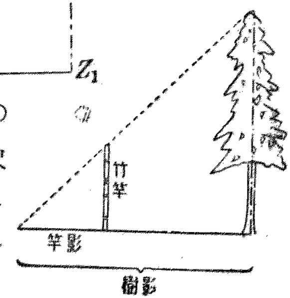
(v)



(vi)

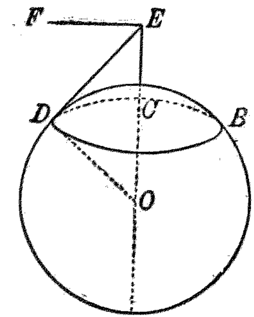
(乙')實例 {

a. 有日光時，在某樹前插長 m 尺的竹竿，量得竿影 p 尺，樹影 q 尺，而竿影在樹影內，兩影前端相齊。求樹高！



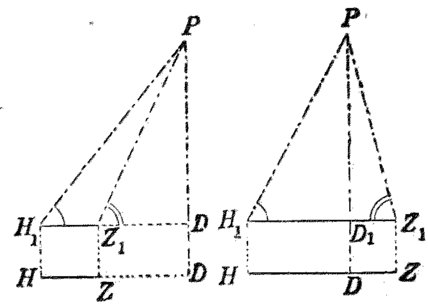
(2)鉛垂面測量

b. O是地球,人眼在E測得視水平面(圓BCD)俯角FED爲α度,他的視界半徑ED怎樣? 但地球半徑OD長r尺,∠ODE是直角.



(甲′)方法

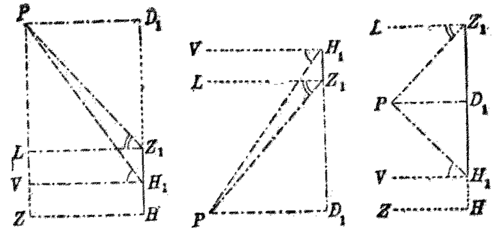
a. 基綫是水平綫的——可照(vii)或(viii)圖,仿(1)乙法求D_1P、Z_1P、H_1P的長. 但求得D_1P長後,須再求DP長.



(vii) (viii)

b. 基綫是鉛垂綫的——可照(ix)或(x或(xi圖,仿a法求Z_1D_1、D_1P Z_1P、H_1P的長. 但在這三圖裏,因爲$\angle D_1H_1P=$

乙{成功直角三角形而直角的邊都不是基綫的



(ix)　(x)　(xi)

$90°-\angle PH_1V$, $\angle D_1Z_1P=90°-\angle PZ_1L$,而(ix)圖 Z_1D_1 長求得後,須由 $Z_1D_1+H_1Z_1+HH_1$ 再求 ZP 的長.

(乙′)實例

a. 兩人相離 m 尺,依相同或相反的方位,仰望飛機,測得仰角爲 α 度和 β 度. 求飛機高.

b. 某人在高屋的兩層上,望遠處塔頂,測得兩個仰角或兩個俯角或一仰角和一俯角爲 α 度和 β 度,而這兩層相離有 m 公尺. 求塔高!

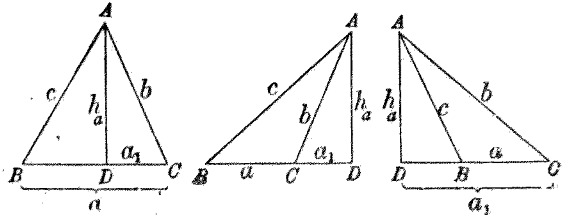
注意: 在(2)甲(乙′)a 裏,兩影前端可以不齊,竿影也可不在樹影之內. 在(2)甲(甲′)b 裏, $\angle Z_1H_1P$ 有時叫 P 的高度角或 H_1P 的斜度角;實例 a 裏竿長對影長的比率,就是太陽高度角的正切,山高對坡長的比率,就是山坡斜度角的正弦.

二 綫面的計算

1. 綫段長的計算

實例

a. 知三角形 ABC 的 a b,c,求 a 邊上的高!

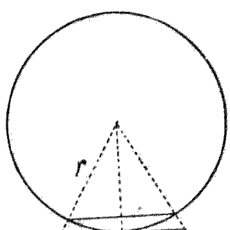


設 AD,DC 順次是 h_a,a_1 單位長，因爲 $h_a^2=b^2-a_1^2=c^2-(a\mp a_1)^2$，所以 $a_1=\pm\frac{a^2+b^2-c^2}{a}$，而 $h_a^2=b^2-\left(\frac{a^2+b^2-c^2}{2a}\right)^2$。故

$$h_a=\sqrt{b^2-\left(\frac{a^2+b^2-c^2}{2a}\right)^2}$$

$$=\frac{1}{2a}\sqrt{(a+b+c)(a+b-c)(a-b+c)(b+c-a)}.$$

b. 設圓半徑長 r 單位，求內接外切正 n 角形的邊長!



設內接外切正 n 角形的邊，順次是 s、S 單位長。因爲拿圓心做頂，正 n 角形各邊做底，可分正 n 角形做 n 個全等三角形，再分卽可各成兩個直角三角形，一邊是半徑，一角等於 $\frac{180°}{n}$，所以 $s=2r\,\mathrm{Sin}\frac{180°}{n}$，$S=2r\,\mathrm{Tan}\frac{180°}{n}$。

2. 面積的計算

實例

a. 知直角三角形 ABC 的 a,A 或 a,B　c A,求面積!

因為 $a=c\ \mathrm{Sin}\ A$, $b=c\ \mathrm{Cos}\ A=a\ \mathrm{Tan}\ B=a\ \mathrm{Tan}\ (90°-A)$,所以 $F=\frac{1}{2}a^2\ \mathrm{Tan}\ (90°-A)$

或 $\frac{1}{2}a^2\ \mathrm{Tan}\ B$　或 $\frac{1}{2}c^2\ \mathrm{Sin}\ A\ \mathrm{Cos}\ A$.

b. 知三角形 ABC 的 a,b,c,求面積!

因為 $h_a=\frac{1}{2a}\sqrt{(a+b+c)(a+b-c)(a-b+c)(b+c-a)}$, $F=\frac{1}{2}ah_a$,所以

$F=\frac{1}{4}\sqrt{(a+b+c)(a+b-c)(a-b+c)(b+c-a)}$.

c. 知圓半徑長 r 單位,求內接外切正 n 角形的面積!

設內接外切正 n 角形的面積,順次是 F_1、F_2 單位。　因為可分做 n 個全等三角形,面積都是

$2r\ \mathrm{Sin}\frac{180°}{n}\times r\ \mathrm{Cos}\frac{180°}{n}\times\frac{1}{2}=r^2\ \mathrm{Sin}\frac{180°}{n}\ \mathrm{Cos}\frac{180°}{n}$,或 $2r\ \mathrm{Tan}\frac{180°}{n}\times r\times\frac{1}{2}=r^2\ \mathrm{Tan}\frac{180°}{n}$

單位,所以 $F_1=nr^2\ \mathrm{Sin}\frac{180°}{n}\mathrm{Cos}\frac{180°}{n}$, $F_2=nr^2\ \mathrm{Tan}\frac{180°}{n}$.

三　圖式的證明

1. 三角恆等式的證明

實例

a. 證 Sin A=Cos A×Tan A!

因爲在直角三角形 ABC 裏，$\mathrm{Sin}\ A=\frac{a}{c}$，$\mathrm{Cos}\ A=\frac{b}{c}$，$\mathrm{Tan} A=\frac{a}{b}$，所以 $\mathrm{Sin}\ A=\mathrm{Cos}\ A\times\mathrm{Tan}\ A$.

或因爲 $\mathrm{Tan}\ A=\frac{\mathrm{Sin}\ A}{\mathrm{Cos}\ A}$，所以 $\mathrm{Sin}\ A=\mathrm{Cos}\ A\times\mathrm{Tan}\ A$.

b. 證 $\mathrm{Sec}\ A=\frac{\mathrm{Csc}\ A}{\mathrm{Cot}\ A}$!

因爲在直角三角形 ABC 裏，$\mathrm{Sec}\ A=\frac{c}{b}$，$\mathrm{Csc}\ A=\frac{c}{a}$，$\mathrm{Cot}\ A=\frac{b}{a}$，所以 $\mathrm{Sec}\ A=\frac{\mathrm{Csc}\ A}{\mathrm{Cot}\ A}$.

或因爲 $\mathrm{Cos}\ A\times\mathrm{Sec}\ A=1$，$\mathrm{Sin}\ A\times\mathrm{Csc}\ A=1$，$\mathrm{Cot}\ A=\frac{\mathrm{Cos}\ A}{\mathrm{Sin}\ A}$，所以 $\mathrm{Sec}\ A=\frac{1}{\mathrm{Cos}\ A}=$

$$\frac{1}{\mathrm{Sin}\ A}\Big/\frac{\mathrm{Cos}\ A}{\mathrm{Sin}\ A}=\mathrm{Csc}\ A\quad\mathrm{Cot}\ A.$$

2. 斜角三角形公式的證明

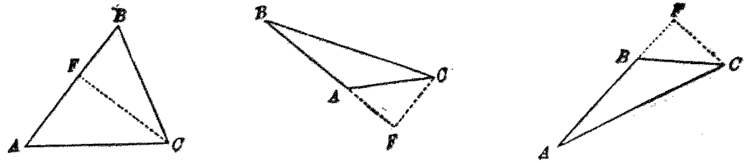
a. 證正弦定律：「在三角形 ABC 裏，

$$\frac{a}{\mathrm{Sin}\ A}=\frac{b}{\mathrm{Sin}\ B}，\text{或}\frac{a}{\mathrm{Sin}(180^\circ-A)}=\frac{b}{\mathrm{Sin}\ B}，\text{或}\frac{a}{\mathrm{Sin}\ A}=\frac{b}{\mathrm{Sin}(180^\circ-B)};$$

$$\frac{b}{\mathrm{Sin}\ B}=\frac{c}{\mathrm{Sin}\ C}，\text{或}\frac{b}{\mathrm{Sin}(180^\circ-B)}=\frac{c}{\mathrm{Sin}\ C}，\text{或}\frac{b}{\mathrm{Sin}\ B}=\frac{c}{\mathrm{Sin}(180^\circ-C)};$$

$$\frac{c}{\mathrm{Sin}\ C}=\frac{a}{\mathrm{Sin}\ A}，\text{或}\frac{c}{\mathrm{Sin}(180^\circ-C)}=\frac{a}{\mathrm{Sin}\ A}，\text{或}\frac{c}{\mathrm{Sin}\ C}=\frac{a}{\mathrm{Sin}(180^\circ-A)}.」$$

實例



設 $CF \perp AB$，是 h_c 單位長． 因爲 $h_c = b \text{ Sin } A = a \text{ Sin } B$，或 $h_c = b \text{ Sin}(180° - A) = a \text{ Sin } B$，或 $h_c = b \text{ Sin } A = a \text{ Sin}(180° - B)$，所以 $\frac{a}{\text{Sin } A} = \frac{b}{\text{Sin } B}$，或 $\frac{a}{\text{Sin}(180° - A)} = \frac{b}{\text{Sin } B}$，或 $\frac{a}{\text{Sin } A} = \frac{b}{\text{Sin}(180° - B)}$． 仿此，可證其餘各式．

b．證射影定律：「在三角形 ABC 裏，

$a = b \text{ Coo } C + c \text{ Csc } B$，或 $b \text{ Cos } C - c \text{ Cos}(180° - B)$，或 $c \text{ Cos } B - b \text{ Cos}(180° - C)$；

$b = c \text{ Cos } A + a \text{ Cos } C$，或 $c \text{ Cos } A - a \text{ Cos}(180° - C)$，或 $a \text{ Cos } C - c \text{ Cos}(180° - A)$；

$c = a \text{ Cos } B + b \text{ Cos } A$，或 $a \text{ Cos } B - b \text{ Cos}(180° - A)$，或 $b \text{ Cos } A - a \text{ Cos}(180° - B)$．」

用 a 的圖． 因爲 $AF = CA \text{ Cos } A$ 或 $CA \text{ Cos}(180° - A)$．$FB = BC \text{ Cos } B$ 或 $BC \text{ Cos}(180° - B)$，所以 $c = a \text{ Cos } B + b \text{ Cos } A$，或 $a \text{ Cos } B - b \text{ Cos}(180° - A)$，或 $b \text{ Cos } A - a \text{ Cos}(180° - B)$． 仿此，可證其餘各式．

c．證餘弦定律：「在三角形 ABC 裏，

$a^2 = b^2 + c^2 - 2bc \text{ Cos } A$ 或 $b^2 + c^2 + 2bc \text{ Cos}(180° - A)$；

$b^2 = c^2 + a^2 - 2ca \text{ Cos } B$，或 $c^2 + a^2 + 2ca \text{ Cos}(180° - B)$；

$c^2=a^2+b^2-2ab\ \mathrm{Cos}\ C$，或 $a^2+b^2+2ab\ \mathrm{Cos}(180^\circ-C)$.」

用 a 的圖。 因為 $\overline{BC}^2=\overline{CF}^2+\overline{FB}^2=[\overline{CA}^2-(CA\ \mathrm{Cos}\ A)^2]+(AB-CA\ \mathrm{Cos}\ A)^2$，或 $\{\overline{CA}^2-[CA\ \mathrm{Cos}(180^\circ-A)]^2\}+[AB+CA\ \mathrm{Cos}\ (180^\circ-A)]^2$，或 $[\overline{CA}^2-(CA\ \mathrm{Cos}\ A)^2]+(CA\ \mathrm{Cos}A-AB)^2$，所以 $a^2=b^2+c^2-2bc\ \mathrm{Cos}\ A$，或 $b^2+c^2+2bc\ \mathrm{Cos}\ (180^\circ-A)$. 仿此可證其餘各式。

注意：在高中三角裏，鈍角也有函數，而 $\mathrm{Sin}\ (180^\circ-A)=\mathrm{Sin}\ A$，$\mathrm{Cos}\ (180^\circ-A)=-\cos\ A$ 等，所以上三定律可以化簡如下：

$a/\mathrm{Sin}\ A=b/\mathrm{Sin}\ B=c/\mathrm{Sin}\ C$……………………正弦定律，

$$\left.\begin{array}{l} a=b\ \mathrm{Cos}\ C+c\ \mathrm{Cos}\ B \\ b=c\ \mathrm{Cos}\ A+a\ \mathrm{Cos}\ C \\ c=a\ \mathrm{Cos}\ B+b\ \mathrm{Cos}\ A \end{array}\right\}\cdots\cdots\cdots\cdots\text{射影定律，}$$

$$\left.\begin{array}{l} a^2=b^2+c^2-2bc\ \mathrm{Cos}\ A \\ b^2=c^2+a^2-2ca\ \mathrm{Cos}\ B \\ c^2=a^2+b^2-2ab\ \mathrm{Cos}\ C \end{array}\right\}\cdots\cdots\cdots\cdots\text{餘弦定律。}$$

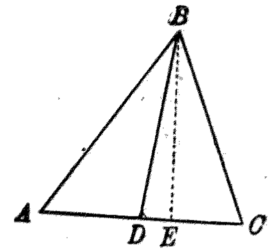
3. 幾何圖形的證明

實例

a. 右圖 AD=DC,並設 BD 是 m_b 單位長. 證 $2(a^2+c^2)=4m_b^2+b^2$!

從2的c,知道 $a^2=m_b^2+(\frac{1}{2}b)^2-2m_b\times(\frac{1}{2}b)\ \mathrm{Cos}\ CDB$,

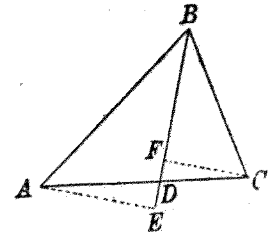
$c^2=m_b^2+(\frac{1}{2}b)^2+2m_b\times(\frac{1}{2}b)\mathrm{Cos}\ CDB$, 所以 $a^2+c^2=2m_b^2+\frac{1}{2}b^2$,而 $2(a^2+c^2)=4m_b^2+b^2$.



b. 右圖 $\angle ABD=\angle DBC$,並設 AD、DC 順次 p、q 單位長. 證 p:q=c:a!

因為 $p\ \mathrm{Sin}\ ADE=c\ \mathrm{Sin}\ ABD$, $q\ \mathrm{Sin}\ CDF=a\ \mathrm{Sin}\ DBC$,而 $\angle ABD=\angle DBC$, $\angle ADE=\angle CDF$,

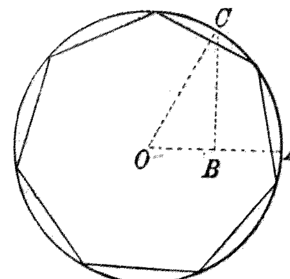
所以p/q=c/a,而p:q=c:a.



c. 右圖 OA 是圓半徑,B 是 OA 的中點,BC⊥OA.

證 BC 的長近於內接正七角形的邊!

設半徑長1單位,那麼 OC 長1單位,OB 長$\frac{1}{2}$單位, BC 長 $\sqrt{1-\left(\frac{1}{2}\right)^2}=.866$單位. 但是內接正七角形的一邊長 $2\,\mathrm{Sin}\frac{180°}{7}=2\ \mathrm{Sin}\ 25°43'=2\times.4331=.8662$. 所以 BC 的長近於內接正七角形的一邊. (完)



(9236)