

0923

学术论文选集

1963

大连海运学院科学研究院编

1963年12月

9/16/25

## 前 言

几年来，我院在党的社会主义建設总路綫、大跃进、人民公社三面紅旗指引下，积极貫彻执行了党的教育方針和“百花齐放、百家爭鳴”的方針，在科学研究方面也取得了一定的成績。

六三年我院举行了科学报告会以来，全院教师共提出了七十余篇論文。絕大多数論文，体现了理論联系实际，大都与国民經濟建設，工业生产和教学工作，有着紧密关系，而且有一定的水平和实用价值。

为了广泛交流这些学术成果和学术經驗，促进学术討論，推动科学研  
究工作，不断提高科学技术水平，更好地为社会主义建設服务，决定出版  
“学术論文选集”。选集上共刊載了十二篇論文。由于編輯者受到水平限  
制，缺点、錯誤在所难免，敬希讀者指正。

这本选集出版希望能进一步鼓午全院教师繼續鼓足干勁，在阶级斗  
争、生产斗争和科学实验，建設社会主义强大国家的三項偉大的革命运动  
中，在科学研究工作上不断取得新的成就。

編 者

一九六三年十二月

## 目 錄

---

从海船稳定性談风浪中船舶操縱.....	蔣 菁	1
三条位置綫定位时系統誤差的消除.....	于源福	7
航海液体磁羅經的周期選擇.....	鄒天金	19
方差积失眞系数.....	林在旭	26
回声測深仪封閉式換能器一些問題的探討.....	吳景榮	37
航向Ⅲ型陀螺羅經冲击誤差的探討.....	陸 僪	45
對中小功率船用主汽輪机——齒輪機組設計中		
若干問題的看法.....	張葆華 鄭玉衡	58
對船舶燃油D型鍋爐的結構佈置之探討 .....	唐克嶂	87
中間過熱蒸汽对运输船舶透平动力装置經濟性影响的研究.....	陳民揚	129
船舶尾軸軸承和尾軸套筒代用材料的探討.....	金志鴻 唐育民	161
船用柴油机空气冷却器的研究.....	潘廷齡	171
燃气的烟和其他热力参数图.....	朱紹廬	192

# 從海船穩性談風浪中船舶操縱

蔣 菁

## 摘要

海船穩性規範第一章 § 8 指出：海船穩性雖然已符合本規範的規定，但船長仍應對海船在營運中的穩性負責。本文目的試圖探求駕駛員在大風浪中航行怎樣做到對穩性負責的途徑。

目前穩性規範對海船穩性計算方法的缺陷在於只考慮到橫傾力矩方面的不利因素，而沒有考慮到穩性力矩方面的不利因素。本文在簡要分析波浪對船舶穩性影響的基礎上指出：在大風浪中謹慎處理船舶穩性的方法首先應注意避免船的縱搖及垂搖產生共振，在此基礎上盡量選擇最小的波浪表現周期之值。

據此，文中提出了一套（四條）通用的船速和波長的關係曲線，便於駕駛員在已知的船平均吃水和波長情況下在大風浪中可以迅速由曲線圖上決定應採用的航向速。

根據最後分析，本文得出如下結論：從海船穩性觀點來看，在大風浪中操縱船舶，應作如下選擇：

當  $8T_0 > \lambda > 1.7T_0$  時，以採取頂浪航行為宜；

當  $8T_0 < \lambda < 1.7T_0$  時，以採取順浪航行為宜。

註： $\lambda$  代表波長， $T_0$  代表船的平均吃水。

## 本文

海船穩性規範第一章 § 8 指出：“海船穩性雖然已符合本規範的規定，但船長仍應對海船在營運中的穩性負責”。既然船舶穩性已符合規範要求，為什麼船長還要對穩性負責呢？這是由於規範本身還存在一定的局限性，駕駛員必須知道問題所在，才能真正達到對穩性負責。

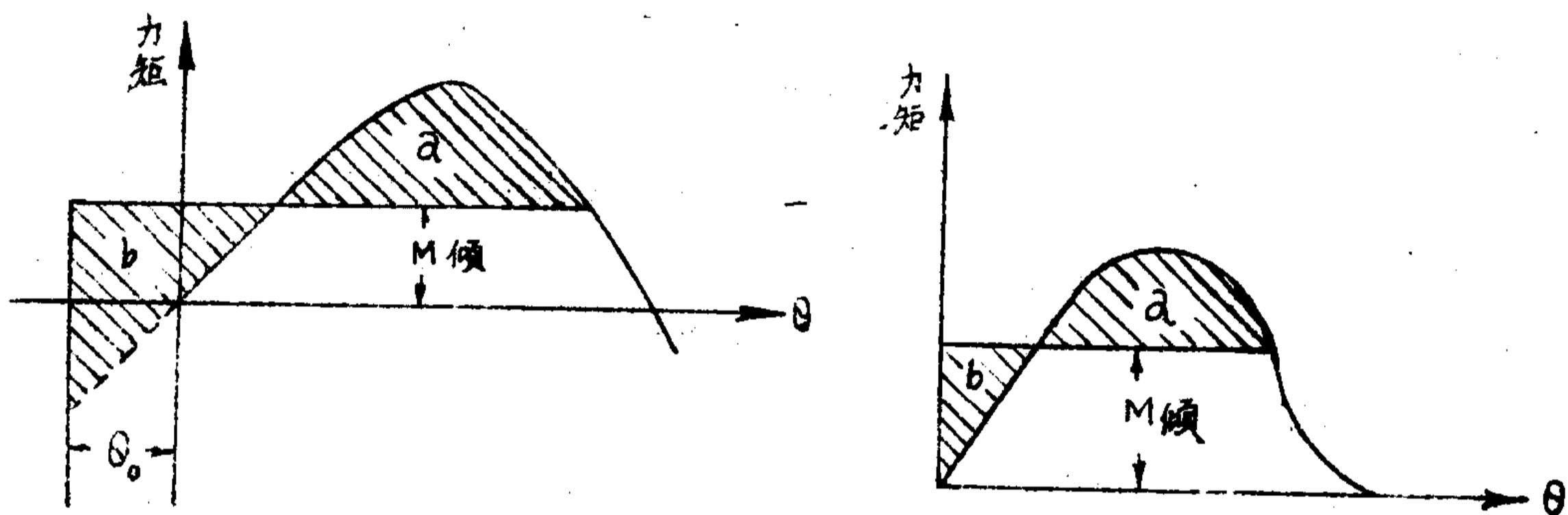
目前世界各航海國家大都制訂了各自的海船穩性規範，這些規範對海船穩性的計算方法不但在具體細節上而且在基本方法上也不一致。如美國規範（1952年）對於穩性衡準的計算用

$$GM \geq \frac{PAH}{\Delta \operatorname{tg}\theta}$$

式中  $GM$  代表初穩心高度， $P$  代表風壓， $A$  代表正浮時船體受風面積在縱中剖面的投影， $H$  代表受風面積重心離開水面的高度， $\Delta$  代表排水量， $\theta$  代表橫傾角。此式可改寫為，

$$\Delta GM \sin \theta \geq P \cdot A \cdot H \cos \theta$$

公式左边是初稳心高度，右边是风压力矩。这就是說，这里所采用的計算方法是基于小倾角的力矩公式，而且是用靜平衡来解决动稳定性問題，显然不太合适。民主德国規范（1956年）对于稳定性衡准的計算比較合理些，采用了动力作用的計算方法。如图，船在风压动倾力矩 $M_{\text{倾}}$ 的作用下，要求 $\frac{a}{b} \geq 1$ 。我国規范（1960年）的計算方法和苏联（1959年）及日本（1957年）相若，比較更合理些，除了考慮风的作用外，还考慮了波浪引起船的横搖的作用。如图，船在最大横搖角 $\theta_0$ 时开始受到 $M_{\text{倾}}$ 的作用，要求 $\frac{a}{b} \geq 1$ 。



从上述列举这些国家制訂規范的時間上可見、海船稳定的計算方法正在不斷改進中。尽管如此，還不能說是已經完善无缺了。海船稳定性制訂的目的是使船舶具有足够的稳定性，在可能遇到的风浪襲击的最不利情况下、保証船舶不至于傾复。估計最不利情况时，既应考慮风浪引起的橫傾力矩方面的不利因素，又应考慮风浪引起的船舶稳定性力矩方面的不利因素。目前海船稳定性規范把最不利情况假設在船橫风橫浪的时候，計算时用平均吃水所获得的稳定性曲綫作为衡量船舶稳定的依据。存在問題是：在估計最不利情况时，只考慮到橫傾力矩方面的不利因素，而沒有考慮到船舶稳定性力矩方面的不利因素；实际上，浪的作用除橫搖外，还有其他方面如波面形状、縱搖及垂直摆动等，它們虽然不产生橫傾力矩，却将引起船舶稳定性力矩的变化。茲分述如下：

### 一、波面形状对船舶稳定性的影响：

波面形状决定船的水綫形状。由于波浪存在，使沿船舶縱向的吃水不是平均分布。尽管船的排水体积沒有改变，船的重心沒有改变，但排水体积的形状改变了，因而浮心位置改变了，船舶稳定性曲綫也就不同于平均吃水的稳定性曲綫了。計算指出，当船順浪或頂浪航行及 $\lambda=L$ 时（ $\lambda$ 代表波长， $L$ 代表船长）船艸在波峯上（图1）和船艸在波谷上（图2）以及船在平均吃水情况下（图3）三种情况所具有的稳定性曲綫（图4）是不同的，而以船艸在波峯上时稳定性最小，船艸在波谷上的稳定性最大。由此可見，如果用平均吃水的稳定性曲綫来代表船的稳定性，则当船在波峯上时船的稳定性就不够了。

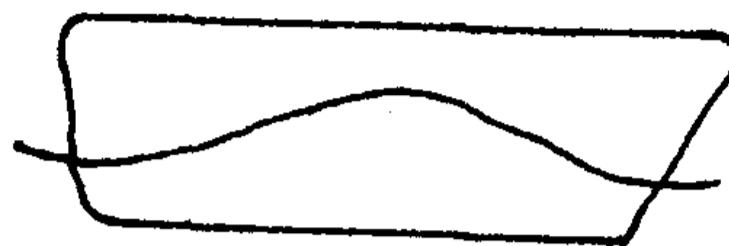


图1



图2

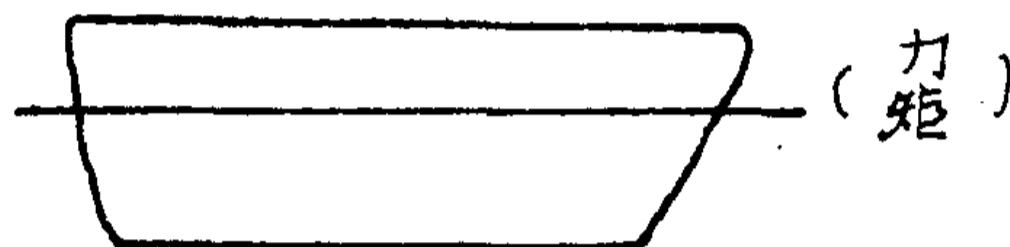


图3

波面形状影响船舶稳定性变化的规律可以由水线形状随波浪和船的相对运动而变化的规律来表示之。设  $\beta$  代表水线上任意点处水面与水平面的交角，则

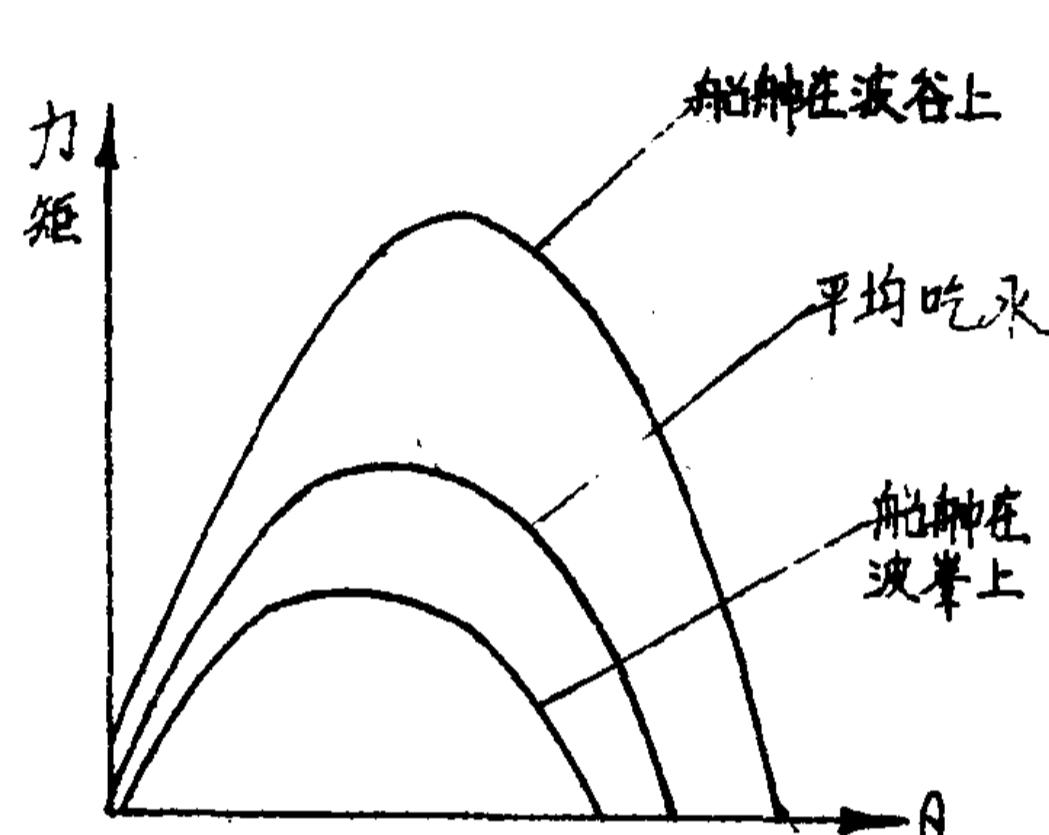


图4

$$\beta = \alpha_0 \cos \phi \cos \frac{2\pi}{T_{\text{观}}} t.$$

式中  $\alpha_0$  代表最大波面角， $\phi$  代表航向与波传播方向的交角， $T_{\text{观}}$  代表波浪表观周期。

由上式可见：波面形状的影响将使船舶稳定性曲线产生周期性变化，其变化周期为  $T_{\text{观}}$ ，稳定性变化的幅度以  $\phi=0^\circ$ （顺浪航行）或  $\phi=180^\circ$ （顶浪航行）时为最大。

### 二、纵摇对船舶稳定性的影响：

船舶纵摇结果，同样会使船长的吃水分佈产生变化，因而稳定性曲线也随着变化。纵摇影响船舶稳定性变化的规律可以由纵摇规律来表示之。设  $\phi$  为纵倾角，则

$$\phi = n_1 n_2 \alpha_0 \cos \phi \frac{1}{1 - \frac{T_{\text{纵}}^2}{T_{\text{观}}^2}} \cos \frac{2\pi}{T_{\text{观}}} t$$

式中  $n_1$  代表计及船长影响的系数， $n_2$  代表计及吃水影响的系数， $T_{\text{纵}}$  代表船在静水中自由纵摇周期。

上述公式不能作为精确计算纵摇之用，但由此可以方便看出：在纵摇的影响下，船舶稳定性产生周期性的变化，其变化周期为  $T_{\text{观}}$ ；稳定性变化幅度以  $\phi=0^\circ$  或  $\phi=180^\circ$  及  $T_{\text{纵}}=T_{\text{观}}$  时为最大。

### 三、垂直摆动对船舶稳定性的影响：

## — 4 —

垂直摆动对船舶稳定性的影响可分为两方面。

一方面是垂直摆动中船的吃水改变，这当然会引起稳定性曲线的变化，其变化规律可以由吃水改变值 $Z$ 的变化规律来表示之。

$$Z = \zeta_g - \zeta_B$$

$$\zeta_g = m_1 m_2 \frac{H}{2} \cdot \frac{1}{1 - \frac{T_{\text{垂}}^2}{T_{\text{观}}^2}} \cos \left( \frac{2\pi}{T_{\text{观}}} t - \delta \right)$$

$$\zeta_B = \frac{H}{2} \cos \frac{2\pi}{T_{\text{观}}} t$$

式中  $\zeta_g$  代表船舶的垂向位移， $\zeta_B$  代表水平面的垂向位移、 $m_1$  代表计及船舶水平尺度的系数， $m_2$  代表计及吃水影响的系数， $H$  代表波高， $T_{\text{垂}}$  代表船在静水中自由垂直摆动周期。上式同样是简化导出的公式，不能作为精确计算垂直摆动之用。

垂直摆动对船舶稳定性另一方面影响是摆动中的惯力作用，它将使稳定性力矩由原来的  $\Delta \cdot l$  ( $l$  代表稳定性力臂) 变为

$$\Delta \left( 1 \pm \frac{\ddot{Z}}{g} \right) l$$

其中  $\ddot{Z} = \ddot{\zeta}_g - \ddot{\zeta}_B$

而

$$\ddot{\zeta}_g = -\frac{4\pi^2}{T_{\text{观}}^2} \zeta_g; \quad \ddot{\zeta}_B = -\frac{4\pi^2}{T_{\text{观}}^2} \zeta_B$$

由上述诸公式中不难看出；在垂直摆动的影响下，船舶稳定性曲线产生周期性变化，其变化周期为  $T_{\text{观}}$ ；稳定性变化的幅度则以  $\phi = 90^\circ$  (横浪航行) 及  $T_{\text{垂}} = T_{\text{观}}$  时为最大。

以上分析说明，船在波浪中航行，其稳定性是不断变化的。在规律波浪的经常作用下，稳定性曲线呈现周期性的变化。结果船舶在  $T_{\text{观}}$  周期内、一部分时间将具有比平均吃水为大的稳定性，而另部分时间则具有比平均吃水为小的稳定性。按照目前规范以平均吃水稳定性曲线为依据计算出来的海船稳定性而没有充分富裕时，则在每一个  $T_{\text{观}}$  周期中有可能  $x\% T_{\text{观}}$  时间处于稳定性不足状态，这种情况称为丧失稳定性。显然，稳定性变化幅度愈大，则丧失稳定性程度愈重，对于船舶安全威胁愈大。同时， $T_{\text{观}}$  愈大，则丧失稳定性持续时间愈久，对于船舶安全威胁也愈大。

从横倾力矩的不利因素来看，最大横倾力矩是产生在船横浪航行的时候。但是，从船舶稳定性变化的不利因素来看，则以顺顶浪航行时可能丧失稳定性程度为最重。波面形状

和縱搖都是以順頂浪時使穩性變化幅度最大。至于垂直擺動的影響，如果單獨地看，以橫浪航行時穩性變化幅度最大，但應注意到，影響穩性變化的另一因素是共振情況。由於  $T_{\text{垂}} \approx T_{\text{縱}}$ ，順頂航浪行時，縱搖共振同時伴隨著垂直擺動的共振，而橫浪航行時， $T_{\text{橫}}$ （船在靜水中自由橫搖周期）一般遠大於  $T_{\text{垂}}$ ，因此選擇了橫搖共振就沒有垂直擺動的共振。當全面考慮橫傾力矩及穩性變化的不利因素時，最不利情況是否一定在橫浪航行是值得研究的。風和浪的方向不一定一樣，但在風暴中則常趨一致。從船舶操縱觀點來看，橫浪航行還是比較危險的，所以在大風浪中駕駛員大都採取順頂浪航行方法。在這種情況下，謹慎處理船舶穩性就顯得更有必要。處理方法首先應注意避免縱搖及垂直擺動產生共振，在此基礎上盡量選擇最小的  $T_{\text{縱}}$  之值。由於

$$T_{\text{縱}} \approx T_{\text{垂}} \approx 2.5\sqrt{T_0}$$

其中  $T_0$  代表船的平均吃水。所以，為了避免共振，必須使

$$0.7T_{\text{縱}} \geq T_{\text{縱}} \geq 1.3T_{\text{縱}}$$

亦即順浪航行時，應使：

$$1.75\sqrt{T_0} \geq \frac{\lambda}{1.25\sqrt{\lambda} - v} \geq 3.25\sqrt{T_0}$$

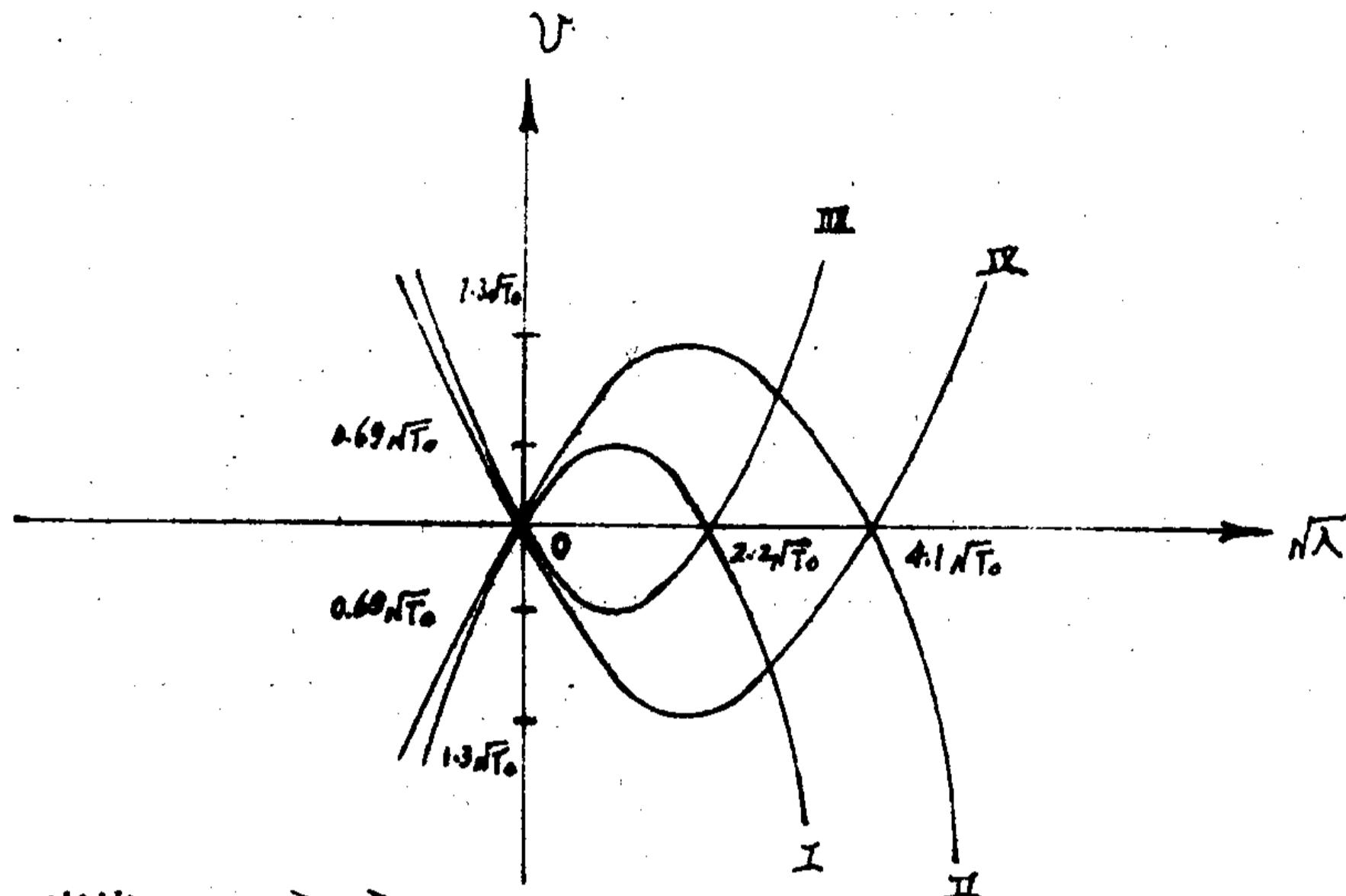
頂浪航行時，應使

$$1.75\sqrt{T_0} \geq \frac{\lambda}{1.25\sqrt{\lambda} + v} \geq 3.25\sqrt{T_0}$$

由方程式

$$\left\{ \begin{array}{l} 1.75\sqrt{T_0} = \frac{\lambda}{1.25\sqrt{\lambda} - v} \cdots \text{I} \\ 3.75\sqrt{T_0} = \frac{\lambda}{1.25\sqrt{\lambda} - v} \cdots \text{II} \\ 1.75\sqrt{T_0} = \frac{\lambda}{1.25\sqrt{\lambda} + v} \cdots \text{III} \\ 3.25\sqrt{T_0} = \frac{\lambda}{1.25\sqrt{\lambda} + v} \cdots \text{IV} \end{array} \right.$$

可以制出  $v$  和  $\sqrt{\lambda}$  的关系曲綫 I、II、III、IV 如图所示。这些曲綫是通用的，不受船舶类型和吃水的限制，在已知  $\lambda$  和  $T_0$  情况下，可以在曲綫上求出相应的速度值  $v_1, v_2, v_3, v_4$ 。



順浪航行时，应使  $v_1 \geq v \geq v_2$

頂浪航行时，应使  $v_4 \geq v \geq v_3$

曲綫在縱軸左側部分相應于  $\sqrt{\lambda}$  的負值，沒有實用價值。曲綫 I 和 IV 是  $v$  最大曲綫，它們在橫軸的下面部分要求  $v$  最大  $< 0$ ，所以也沒有使用價值。因此曲綫 I 只適用於  $\sqrt{\lambda} = 2.2\sqrt{T_0}$  ( $\lambda \approx 4.8T_0$ ) 以下的波浪作順浪航行，曲綫 IV 只適用於  $\sqrt{\lambda} = 4.1\sqrt{T_0}$  ( $\lambda \approx 17T_0$ ) 以上的波浪作頂浪航行。

曲綫 II 和曲綫 III 是  $v$  最小曲綫，如果船的實際航速不能達到某部分上  $v$  最小的要求，則該部分曲綫也就沒有實用價值。頂浪航行時，實際航速受限制較嚴，今設被限制在  $\sqrt{T_0}$  (相應於吃水 9 米的船其  $v \approx 6$  节) 以下，則曲綫對於  $\sqrt{\lambda} = 2.8\sqrt{T_0}$  ( $\lambda \approx 8T_0$ ) 以上的波浪就不實用了。這樣以來，船舶在風暴中採取頂浪航行受到所遇波浪波長的約束，因為在  $\lambda \approx 8T_0 \rightarrow 17T_0$  范圍內會出現共振不可避兔現象。順浪航行時，在  $\lambda \approx 4.8T_0$  以下，以採用曲綫 I 為宜，因為它的  $T_0$  比採用曲綫 II 的  $T_0$  小。在  $\lambda \approx 4.8T_0$  以上，只能採用曲綫 II。雖然曲綫 II 是  $v$  最小曲綫，由於此時最高  $v_2$  值  $\approx 1.1\sqrt{T_0}$ ，一般順浪航行實際航速可以達到此值。所以順浪航行可以不受所遇波浪波長的約束。注意到

$$\frac{\lambda}{1.25\sqrt{\lambda} + v} < \frac{\lambda}{1.25\sqrt{\lambda} - v}$$

所以在同樣可以採取順浪航行和頂浪航行情況下，寧採取頂浪航行，以爭取較小的喪失穩定性持續時間。

根據以上分析，從海船穩定性觀點來看，在大風浪中操縱船舶應作如下選擇：

$8T_0 > \lambda > 17T_0$  採取頂浪航行；  $8T_0 < \lambda < 17T_0$  採取順浪航行。

$17T_0$  是一定值， $8T_0$  隨具體船舶頂浪航速  $v$  受限制情況而有些許出入。

應該指出，上述對於航向偏離順頂浪航行也是適用的。不難看到，在上面分析過程中，只要把  $v$  改為  $v \cos \phi$  就可以了。

# 三條位置綫定位時系統誤差的消除

于 源 福

## 摘要

目前消除三体位置綫定位時系統誤差存在着几种图解方法。本文是从理論上采用直角座标系統探討出一种計算方法来消除系統誤差。本文开始从理論上全面地分析了誤差三角形，并得出消除系統誤差总的公式。其次是設三条位置綫的系統誤差值均相等，并得出适用于方位定位时消除系統誤差的公式。最后是設三条位置綫系統誤差及其梯度值均相等，并得出实用天体高度位置綫和距离位置綫定位时消除系統誤差的公式。在本文附录中列有根据实用公式做出的表。

当采用方位，距离，天体高度位置綫及其他方法定位，而出現誤差三角形时为了消除系統誤差的影响均可应用本文提出的方法及列出的表。

两方位定位时可以采用其水平角定位方法来消除罗經改正量中的系統誤差，三条位置綫定位时，在用天体高度位置綫定位情况下采用在誤差三角形頂点画梯度矢量方法及画三角形內切圓等方法来消除系統誤差，在用三方位定位的情况下采用相应頂点連綫的方法及画梯度矢量方法来消除系統誤差。以上几种方法都是用图解法来消除誤差。本文将从理論上探討另外一种方法即計算方法来消除三条位置綫定位时的系統誤差，并研究它在实际工作中的应用。

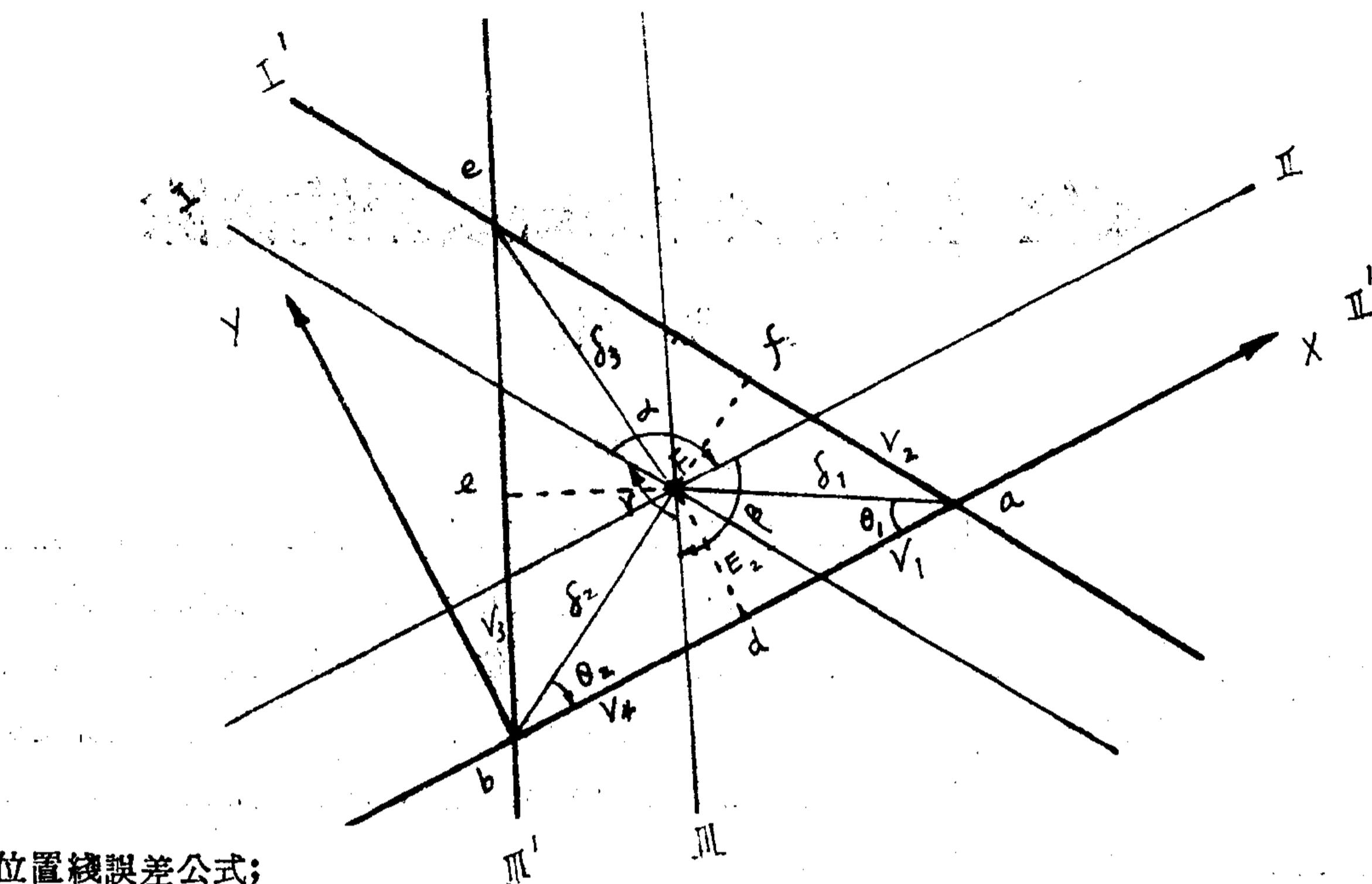
## 本 文

本文只研究系統誤差的影响，因此假設偶然誤差等于零或其值很小可以忽略不計。

假設用三条位置綫定位，由于每条位置綫都有系統誤差，因而产生誤差三角形。如下图所示。

将位置綫按順时針次序編号 I， II及III。I 与 II之間交角用  $\alpha$  表示， II与 III之間交角用  $\beta$  表示 I 与 III用  $\gamma$  表示。設这三条位置綫都有符号相同而值不同的系統誤差，如  $\varepsilon_1$ 、 $\varepsilon_2$  及  $\varepsilon_3$ 。設  $\alpha + \beta > 180^\circ$ ，由于有系統誤差，而产生誤差三角形  $\triangle abc$ 。实际船位在  $F$  点，  $abc$  为誤差三角形頂点。 $E_1$ 、 $E_2$ 及 $E_3$ 为位置綫的誤差  $V_1V_2V_3V_4V_5$  及  $V_6$  为位置綫矢量誤差。由  $F$  点向三頂点連綫，而得出任意两条位置綫定位时船位誤差；  $\delta_1$ 、 $\delta_2$  及  $\delta_3$ 。

圖 8 -



位置線誤差公式：

$$E_1 = \frac{\varepsilon_1}{g_1}; \quad E_2 = \frac{\varepsilon_2}{g_2}; \quad E_3 = \frac{\varepsilon_3}{g_3}$$

式中  $g_1 g_2$  及  $g_3$  各為 I, II 及 III 位置線的梯度。

位置線矢量誤差公式，

$$V_1 = \frac{E_1}{\sin \alpha}$$

$$V_2 = \frac{E_2}{\sin \alpha};$$

$$V_3 = \frac{E_3}{\sin \beta}$$

$$V_4 = \frac{E_3}{\sin \beta};$$

$$V_5 = \frac{E_1}{\sin \gamma}$$

$$V_6 = \frac{E_3}{\sin \gamma}$$

船位誤差公式：

$$\delta_1 = \sqrt{V_1^2 + V_2^2 - 2V_1 V_2 \cos \alpha} = \frac{1}{\sin \alpha} \sqrt{\left(\frac{\varepsilon_1}{g_1}\right)^2 + \left(\frac{\varepsilon_2}{g_2}\right)^2 - \frac{2\varepsilon_1 \varepsilon_2}{g_1 g_2} \cos \alpha}$$

$$\delta_2 = \sqrt{V_2^2 + V_3^2 - 2V_2 V_3 \cos \beta} = \frac{1}{\sin \beta} \sqrt{\left(\frac{\varepsilon_2}{g_2}\right)^2 + \left(\frac{\varepsilon_3}{g_3}\right)^2 - \frac{2\varepsilon_2 \varepsilon_3}{g_2 g_3} \cos \beta}$$

$$\delta_3 = \sqrt{V_1^2 + V_3^2 - 2V_1 V_3 \cos \gamma} = \frac{1}{\sin \gamma} \sqrt{\left(\frac{\varepsilon_1}{g_1}\right)^2 + \left(\frac{\varepsilon_3}{g_3}\right)^2 - \frac{2\varepsilon_1 \varepsilon_3}{g_1 g_3} \cos \gamma}$$

$\angle Fub = \theta_1, \angle Fba = \theta_2$ ; 由 F 点向三角形三边作垂线与 ab 边交于 d 点, 与 bc 边交于

$e$  点，与  $ca$  交于  $f$  点。由图中可以看出：

$$E_1 = Ff \quad E_2 = Fd \quad E_3 = Fe$$

設以誤差三角形頂点  $b$  为直角座标原点。設  $ba$  为  $X$  軸，垂直該軸的軸为  $Y$  軸。設  $bd = X$ ,  $Fd = Y$ 。由直角三角形  $\triangle aFd$  中可以得出：

$$\begin{aligned} ad &= \sqrt{\delta_1^2 - E_2^2} \\ \operatorname{tg} \theta_1 &= \frac{E_2}{\sqrt{\delta_1^2 - E_2^2}} \end{aligned} \quad (1)$$

由直角三角形  $\triangle bFd$  中可以得出：

$$\begin{aligned} bd &= \sqrt{\delta_2^2 - E_2^2} \\ \operatorname{tg} \theta_2 &= \frac{E_2}{\sqrt{\delta_2^2 - E_2^2}} \end{aligned} \quad (2)$$

根据上述三角公式可以求出实际船位相对直角座标的座标值  $X$  与  $Y$ 。由上述二三角形中还可以得出：

$$\operatorname{tg} \theta_1 = \frac{Y}{ab - X} \quad (3)$$

$$\operatorname{tg} \theta_2 = \frac{Y}{X} \quad (4)$$

因此得出点座标值

$$X = \frac{ab \operatorname{tg} \theta_1}{\operatorname{tg} \theta_2 + \operatorname{tg} \theta_1} \quad (5)$$

$$Y = X \operatorname{tg} \theta_2 \quad (6)$$

同理可以写出以  $C$  点为原点时实际船位  $F$  的座标值； $X'$  与  $Y'$  設  $Ce = X_1$ ;  $Fe = Y_1$

$$X_1 = \frac{bc \operatorname{tg} \theta_3}{\operatorname{tg} \theta_4 + \operatorname{tg} \theta_3} \quad (6)$$

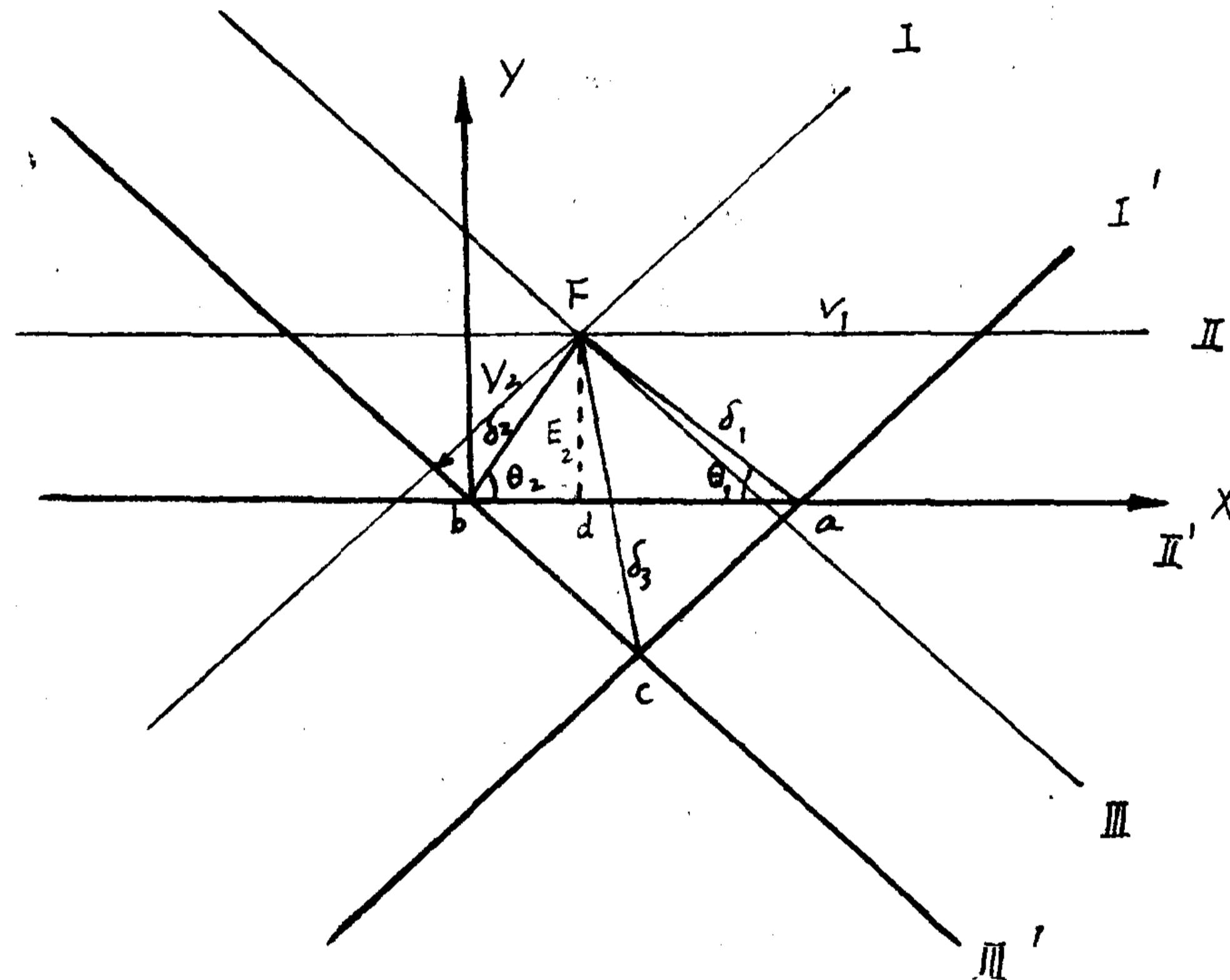
$$Y_1 = X_1 \operatorname{tg} \theta_4 \quad (8)$$

同理也可以写出以  $a$  点为原点， $ac$  为  $X'$  軸，的实际船位的座标值； $X_2$  与  $Y_2$ 。設  $af = X''$ ;  $Ff = Y''$ 。

$$X_2 = \frac{ar \operatorname{tg} \theta_5}{\operatorname{tg} \theta_6 + \operatorname{tg} \theta_5} \quad (10)$$

如果位置綫偏移  $E$  及船位誤差  $\delta$  为已知时，当量取誤差三角形任意一边之长后，则可根据上述三組公式直接計算出实际船位  $F$  点的座标值。上述公式在  $\alpha + \beta < 180^\circ$  的情况

下也同样适用，但是Y轴应指向三角形頂点C相反的方向。如图所示。



在一般情况下，系統誤差 $\varepsilon_1$ ， $\varepsilon_2$ 与 $\varepsilon_3$ 均为未知值，是需要求得的数值，因此位置線偏移 $E$ 及船位誤差 $\delta$ 也成为未知值，此时实际船位 $F$ 点座标值是无法求得。但是，如果三条位置線是用一个仪器觀測的，它們的系統誤差 $\varepsilon$ 均相等时，上述公式可以进一步簡化。在簡化后的公式中可以消除未知值系統誤差 $\varepsilon_0$ 。即当 $\varepsilon_1 = \varepsilon_2 = \varepsilon_3 = \varepsilon$ 时，船位誤差公式可以写成下式：

$$\delta_1' = \frac{\varepsilon}{\sin \alpha} \sqrt{\frac{1}{g_1^2} + \frac{1}{g_2^2} - \frac{2 \cos \alpha}{g_1 g_2}}$$

$$\delta_2' = \frac{\epsilon}{\sin \beta} \sqrt{\frac{1}{g_2^2} + \frac{1}{g_3^2} - \frac{2 \cos \beta}{g_2 g_3}}$$

$$\delta_3' = \frac{\epsilon}{\sin \gamma} \sqrt{\frac{1}{g_1^2} + \frac{1}{g_3^2} - \frac{2 \cos \beta}{g_1 g_3}}$$

因此公式(1)及(2)可以简化成下式：

$$\tan \theta_1 = \frac{\sin \alpha}{M - \cos \alpha} \quad (11)$$

$$\tan \theta_2 = \frac{\sin \beta}{N - \cos \alpha} \quad (12)$$

式中

$$M = \frac{g_2}{g_1}, \quad N = \frac{g_2}{g_3}$$

在这种情况下，以  $b$  点为坐标原点的实际船位坐标值为；

$$X = \frac{ab \tan \theta_1}{\tan \theta_2 + \tan \theta_1} \quad (13)$$

$$Y = X \tan \theta_2 \quad (14)$$

如果三条位置线的系统误差均相等时，只要知道位置线梯度  $g$  值及它们之间的夹角  $\alpha$  与  $\beta$ ，再量取三角形  $ab$  边之长后可以根据简化的公式直接计算出  $X$  与  $Y$  之值。

根据所设的坐标系来看， $X$  与  $Y$  永远应该为正值，由公式(11)与(12)中可以看出，当  $\alpha$  与  $\beta$  都大于  $90^\circ$  时， $X$  与  $Y$  将有正值，当  $\alpha$  与  $\beta$  都小于  $90^\circ$  时，为了保持  $x$  与  $y$  为正值， $M$  与  $N$  必须大于  $\cos \alpha$  及  $\cos \beta$ 。

如果三条位置线的梯度  $g$  均相等，则上述公式可以再进一步简化，即  $g_1 = g_2 = g_3 = g$ ，此时  $M = N = 1$ ，因此(11)及(12)式可以写成下式；

$$\tan \theta_1 = \operatorname{ctg} \frac{\alpha}{2} \quad (15)$$

$$\tan \theta_2 = \operatorname{ctg} \frac{\beta}{2} \quad (16)$$

将上式代入(13)及(14)式则可得出：

$$x = \frac{ab}{\operatorname{tg} \frac{\alpha}{2} \operatorname{ctg} \frac{\beta}{2} + 1} \quad (17)$$

$$y = x \cdot \operatorname{ctg} \frac{\beta}{2} \quad (18)$$

在这种情况下，只要知道位置线之间的夹角 $\alpha$ 与 $\beta$ 再量取三角形 $ab$ 边之长后，则可以根据公式(17)与(18)直接计算出实际船位的坐标值。

为了免除计算，可以根据公式(11)，(12)，(13)及(14)制成 $\theta_1(\theta_2)$ ， $x$ 及 $y$ 表。在 $x$ 与 $y$ 表中设 $ab$ 之长等于1浬。见附表1、2及3。

当用三方位定位时由于有系统误差而出现误差三角形，即由于罗经改正量中有误差而产生误差三角形。在这种情况下可以利用上述三个表较准确地求出实际船位坐标 $x$ 及 $y$ 之值。

由位置线理论中得知方位梯度 $g$ 等于到物标的倒数即

$$g = \frac{1}{D}$$

因此可以得出：

$$\operatorname{tg} \theta_1 = \frac{\sin \alpha}{M - \cos \alpha}, \quad \operatorname{tg} \theta_2 = \frac{\sin \beta}{N - \cos \beta}$$

式中

$$M = \frac{D_1}{D_2}; \quad N = \frac{D_3}{D_2}$$

由误差三角形中间或底边附近可以由海图量出到三个物标的距离，再由三个方位之差得出 $\alpha$ 与 $\beta$ 值。根据 $M$ 、 $N$ 、 $\alpha$ 及 $\beta$ 由表1中可以查出 $g\theta_1$ 及 $g\theta_2$ 之值。再以 $g\theta_1$ 及 $g\theta_2$ 为引数由表中查出 $ab=1$ 浬的 $x$ 值及由表3中查出 $ab=1$ 浬的 $y$ 值。然后再将所查出的 $x$ 与 $y$ 值分别乘上由海图上所量取的 $ab$ 之值，最后得出实际船位坐标值。

由图1中可以看出 $y=E_2$ 。因此可以通过计算方法较准确地求得罗经改正量中的误差 $\varepsilon_{ac}$ 。

$$\varepsilon_{ac}^{\circ} = E_2 g_2$$

因为

$$g_2 = \frac{1}{D_2 \operatorname{arc} 1^\circ}$$

所以

$$\varepsilon_{ac}^{\circ} = \frac{\eta}{D_2 \operatorname{arc} 1^\circ}$$

再根据下式可以得出准确的罗经改正量 $\triangle C$ ；

$$\triangle C = \triangle C' + \varepsilon_{ac}$$

式中 $\triangle C'$ ——有误差的罗经改正量。

罗经改正量误差 $\varepsilon_{ac}$ 的符号；当位置线误差向顺时针方向 $\varepsilon_{ac}$ 为(+) $\varepsilon_{ac}$ 号，向逆时针方

向 $\varepsilon_{\Delta C}$ 为(一)号。

根据公式(17)及(18)制成表4与表5。凡是梯度 $g$ 等于1的船位误差三角形，都可以用这种表以 $\alpha$ 与 $\beta$ 为引数查出 $ab=1$ 的实际船位坐标值 $x$ 与 $y$ 。如果用三个天体高度定位时，由于六分仪或地平俯角有误差而产生误差三角形。在这种情况下，可以用计算或查表方法较准确地求实际船位，同时可以求出六分仪 $\varepsilon_a'$ 。此时 $\varepsilon_a' = E_2 = y$ ，因为梯度 $g = 1$ 。

$\varepsilon_a'$ 的符号确定方法与罗经改正量误差 $\varepsilon_{\Delta C}$ 的符号确定方法相同。

例题I 海图1217，航行在东霍山东北部磁罗经航向 $CC = 150^\circ$ ， $\triangle C = -4.^{\circ}7$  观测三方位定位，东霍山灯塔 $OB = 258.^{\circ}5$ ，鱼腥脑灯塔的 $B = 38.^{\circ}5$ ，五屿山灯塔 $CB = 139.^{\circ}5$ 。由罗经改正量中有误差出现误差三角形。由图上量得 $\alpha = 140^\circ$ ， $\beta = 101^\circ$ ，到东霍山灯塔的距离 $D_1 = 5.2$ 浬，到鱼腥脑灯塔的距离 $D_2 = 4.8$ 浬，到五屿山灯塔的距离 $D_3 = 5.5$ 浬 $ab = 1.0$ 浬，求实际船位及罗经改正量误差。

[解]

$$1. M = \frac{5.2}{4.8} = 1.^{\prime}1 \text{ 根据 } M \text{ 及 } \alpha \text{ 由表1中查得 } \theta_1 = 0.35$$

$$2. N = \frac{5.5}{4.8} = 1.^{\prime}2 \text{ 根据 } N \text{ 及 } \beta \text{ 由表1中查得 } \theta_2 = 0.71$$

3. 根据 $\theta_1$ 及 $\theta_2$ 之值由表2中查得 $ab = 1'$ 的 $X = 0.33$ 。

$$x = ab \times 0.^{\prime}33 = 1 \times 0.33 = 0.33 \text{ 涉}$$

4. 根据 $\theta_1$ 及 $\theta_2$ 之值由表3中查得 $ab = 1'$ 的 $y = 0.23$ 。

$$y = ab \times 0.23 = 1 \times 0.23 = 0.23 \text{ 涉}$$

得出实际船位 $\varphi_0 = 30^\circ 16.^{\prime}7N$ ,  $\lambda_0 = 121^\circ 48.^{\prime}5E$

5. 根据 $y$ 及 $D_2$ 之值在表4中查得 $\varepsilon_{\Delta C} = -2.^{\circ}8$ 。

$$\triangle C = -4.^{\circ}7 + (-2.^{\circ}8) = -7.^{\circ}5$$

例题II 海图1217求算船位 $\varphi_o = 29^\circ 51.^{\prime}4N$ ,  $\lambda_o = 122^\circ 51.^{\prime}3E$ 观测三个天体高度定位； $A_1 = 71^\circ$ ,  $Dh_1 = +1.^{\prime}4$ ,  $A_2 = 194.^{\circ}3$ ,  $Dh_2 = +2.^{\prime}0$ ,  $A_3 = 304.^{\circ}5$ ,  $Dh = -0.^{\prime}2$ 。由于六分仪改正量误差而产生误差三角形。由海图上量取 $ab = 3.5$ 浬；求实际船位及六分仪改正量的误差 $\varepsilon_{\Delta C}$ 。

[解]:

$$1. \text{ 根据 } \frac{\alpha}{2} = 61.^{\circ}7 \text{ 及 } \frac{\beta}{2} = 55.^{\circ}1 \text{ 由表5中查得 } ab = 1' \text{ 的 } x = 0.44$$

$$x = 0.44 \times 3.5 = 1.64 \text{ 涉}$$

$$2. \text{ 根据 } \frac{\alpha}{2} \text{ 及 } \frac{\beta}{2} \text{ 由表6中查得 } ab = 1' \text{ 的 } y = 0.30.$$

二 14 二

$$y = 0.30 \times 3.5 = 1.05 \text{ 海里}$$

得出实际船位,  $\varphi_0 = 29^\circ 50.'2 = N \lambda_0 122^\circ 52.'1 E$

六分仪改正量誤差  $\xi_a = -1.'0$

用計算方法求实际船位的特点是可以避免作图誤差, 因此用这种方法所得求得的实际船位将有較高的准确度。

$\operatorname{tg} \lambda_1$  和  $\operatorname{tg} \theta_2$  表

表 1

$M$ (N)	1.0	1.2	1.4	1.6	1.8	2.0	2.2	2.4	2.6	2.8	3.0	3.2	3.4	3.6	3.8	4.0
$\alpha$ ( $\beta$ )																
10	11.75	0.82	0.42	0.29	0.22	0.17	0.15	0.12	0.11	0.10	0.09	0.08	0.07	0.07	0.06	0.06
20	5.70	1.31	0.74	0.52	0.40	0.32	0.21	0.23	0.21	0.18	0.17	0.15	0.13	0.12	0.11	0.11
30	3.73	1.49	0.94	0.68	0.54	0.44	0.37	0.33	0.29	0.26	0.23	0.21	0.20	0.18	0.17	0.16
40	2.75	1.48	1.01	0.77	0.62	0.52	0.45	0.39	0.35	0.32	0.29	0.26	0.24	0.23	0.21	0.20
50	2.15	1.37	1.01	0.80	0.66	0.56	0.49	0.44	0.39	0.36	0.33	0.30	0.28	0.26	0.24	0.23
60	1.73	1.24	0.96	0.75	0.64	0.56	0.51	0.46	0.41	0.38	0.35	0.32	0.30	0.28	0.26	0.25
70	1.43	1.10	0.89	0.75	0.64	0.57	0.51	0.46	0.42	0.38	0.35	0.33	0.31	0.29	0.27	0.26
80	1.19	0.96	0.80	0.69	0.61	0.54	0.48	0.44	0.41	0.38	0.35	0.33	0.31	0.29	0.27	0.26
90	1.00	0.83	0.71	0.63	0.56	0.50	0.45	0.42	0.38	0.36	0.33	0.31	0.29	0.28	0.26	0.25
100	0.84	0.72	0.63	0.56	0.50	0.45	0.42	0.48	0.36	0.33	0.31	0.29	0.28	0.26	0.25	0.24
110	0.70	0.61	0.54	0.48	0.44	0.41	0.37	0.34	0.32	0.30	0.28	0.27	0.25	0.24	0.23	0.22
120	0.58	0.51	0.46	0.41	0.38	0.35	0.32	0.30	0.28	0.26	0.25	0.23	0.22	0.21	0.20	0.19
130	0.47	0.42	0.37	0.34	0.31	0.29	0.27	0.25	0.24	0.22	0.21	0.20	0.19	0.18	0.17	0.16
140	0.36	0.33	0.30	0.27	0.25	0.23	0.22	0.20	0.19	0.18	0.17	0.16	0.15	0.15	0.14	0.13
150	0.27	0.24	0.22	0.20	0.19	0.17	0.16	0.15	0.14	0.14	0.13	0.12	0.12	0.11	0.11	0.10
160	0.18	0.16	0.15	0.14	0.13	0.12	0.11	0.10	0.10	0.09	0.09	0.08	0.08	0.07	0.07	0.07
170	0.09	0.08	0.07	0.07	0.06	0.05	0.06	0.05	0.05	0.04	0.04	0.04	0.04	0.04	0.04	0.04