

高等水产院校交流讲义

航海技术

上海水产学院主编

工业捕鱼专业用

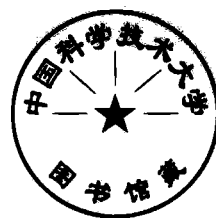
农业出版社

高等水产院校交流讲义

航海技术

上海水产学院主编

工业捕鱼专业用



农业出版社

主 編 上海水产学院 高鴻章

审查单位 水产部高等学校教材工作组

高等水产院校交流讲义

航海技术

上海水产学院主编

农业出版社出版

北京老馆局一号

(北京市书刊出版业营业许可出字第 106 号)

新华书店上海发行所发行 各地新华书店经售

上海市印刷四厂印刷装订

统一书号 K 16144 · 1151

1961 年 8 月上海制版

开本 787×1092 毫米

1961 年 9 月初版

十六分之一

1962 年 5 月上海第三次印刷

字数 595 千字

印张 二十八

印数 2,071—3,070 册

定价 (9) 二元六角

前 言

本讲义是依据上海水产学院工业捕鱼专业的航海技术教学大纲编写而成，内容分为三部分：航海引港、航海天文和渔船操纵及船舶常识。对于一般的航海仪器和无綫电助航仪器的应用方法，也分别列在其有关的部分中作了适当的介绍。

本讲义中近代航海方法由上海水产学院林煥章编写，航海天文由張家农编写。

在编审过程中，課程小組成員山东海洋学院何堯，参加研究討論，协助修改并编写航海天文利用单一天体在短間隔時間做两次观测求船位法。

上海市海洋漁业公司及上海海运学院陈嘉震先生提供宝贵資料和意見，謹致謝意。

本讲义可作为高等水产院校的工业捕鱼专业教材，也可供中等水产学校师生和渔船駕駛員参考用。

編 者 一九六一年六月

目 录

前 言	
緒 論	1

第一篇 航海引港

第一章 地球	3
§1 地球形状和大小	3
§2 地理座标	3
§3 子午弧一分的长度(涅的长度)	5
第二章 海图	9
§1 海图的作用	9
§2 海图的分类	9
§3 海图的改正	9
§4 水深和水下危險物	10
§5 助航标志	11
§6 麦克特海图	15
第三章 沿岸航行定位方法	20
§1 海图作业	20
§2 罗經誤差的使用	25
§3 磁差(偏差)	26
§4 自差	27
§5 两物标方位决定船位	33
§6 三物标方位决定船位	34
§7 三杆分度仪的定位方法和物标方位的选择	35
§8 观测方位綫引起的船位誤差	36
§9 移綫定位	39
§10 倍角方位的定位法	40
§11 水平夹角的利用	42
§12 測深定位法	43
§13 出航前的准备工作	43
§14 近岸和狭窄水道航行	44
§15 推测船位(或推算船位)	45
第四章 潮汐	50
§1 月相、朔望月	50

§2 潮的漲落	50
§3 潮高基准面和潮港类型	51
§4 求任意时的潮高和潮时計算法	52
第五章 航海主要仪器	57
§1 方位圈	57
§2 哑罗經	57
§3 测程仪	58
§4 测深仪	64
第六章 回轉仪罗經(电罗經)与磁罗經	71
§1 回轉仪罗經(电罗經)	71
§2 磁罗經	76
第七章 大圈航行和混合航行	101
§1 同角航綫和大圈航綫的关系	101
§2 大圈海图	101
§3 无綫电方位和大圆弧关系	104
§4 大圈航迹的决定	105
§5 大圈航迹直綫段位置的計算	106
§6 大圈与緯度圈混合航法	108
第八章 无綫电定向仪测定船位技术	111
§1 无綫电定向仪的工作原理	111
§2 测向时的偏差	118
§3 定向仪的自差	118
§4 自差的测定法	116
§5 自差消除的方法	117
§6 无綫电方位修正量(大圆修正量)	118
§7 示标台与测者同在一張海图上进行测定船位	120
§8 示标台与测者不同在一張海图上进行测定船位	122
§9 应用“方位間距”的方法进行定位	127
第九章 近代航海方法	131
§1 船用雷达	131
§2 无綫电远航仪	142
§3 德卡系統	148
§4 康索系統	154

第二篇 航海天文

第十章 天球和航海天文三角形	157
§1 天球	157
§2 天文三角形(位置三角形)及其解算	161
第十一章 天体运动	164

§1 宇宙	164
§2 太阳系	165
§3 太阳的视运动	166
§4 恒星	168
§5 岁差与章动	169
第十二章 时间	173
§1 时间的含意	173
§2 太阳时间	173
§3 时差	174
§4 时间与经度	177
§5 时区和区时(地方标准时)	179
§6 日界线	182
§7 恒星时间	182
§8 平时与恒星时的关系	184
§9 天文钟	185
§10 天体时角和赤纬的求算	188
第十三章 天体的出没和晨昏朦影	190
§1 天体的出没	190
§2 晨昏朦影	193
第十四章 六分仪	196
§1 六分仪的构造	196
§2 六分仪构造原理	197
§3 六分仪误差及其校正法	198
§4 六分仪的保管	200
第十五章 天体高度改正	202
§1 六分仪观测高度的误差及修正	202
§2 人造地平	207
§3 各种天体观测高度的改正法	207
第十六章 天文位置线和天测船位	210
§1 位置圈	211
§2 天体的地理位置	212
§3 在地球仪上求船舶位置	212
§4 用“截距法”求位置线	213
§5 用“截距法”求位置线的步骤	213
§6 单一位置线的应用	215
§7 天测位置的決定	216
§8 航用天文计算表	220
第十七章 纬度法——位置线的特殊处理	223
§1 天体的中天	223
§2 利用太阳子午高求纬度法	225

§3 利用北极星高度求纬度法	229
第十八章 星体识别	233
§1 恒星的星等	233
§2 星座的辨认	235
§3 个别恒星的辨认	239
§4 星球仪的使用	241
第十九章 罗经差的天文测定法	244
§1 太阳出没方位角法(理论上的出没方位角)	244
§2 太阳时角方位法	245
§3 北极星方位法	246

第三篇 渔船操纵——船艺

第二十章 渔船结构概要	250
§1 海洋渔船的分类	250
§2 船舶主要尺度	251
§3 甲板	252
§4 龙骨与舷侧柱	252
§5 内龙骨与双层底	255
§6 肋骨	256
§7 外板	257
§8 舱口	258
§9 载重线	260
§10 违反载重线的处理	263
第二十一章 舵设备	265
§1 舵的类型	265
§2 舵的传动装置	266
§3 自动舵设备	267
§4 太平舵装置	268
§5 舵设备的养护和操舵口令	270
第二十二章 锚设备、桅桁和索具设备	271
§1 锚的类型	271
§2 锚的属具及其养护	273
§3 缆及带缆设备的养护	276
§4 起锚车、绞盘设备及其养护	278
§5 桅桁和索具	279
第二十三章 海船消防	287
§1 火灾原因	287
§2 消防设备和器具	287
§3 寻找火源	289
§4 火灾发生时的行动	290

§5 应变步骤表	291
第二十四章 海船救生	292
§1 救生艇构造及其基本要求	292
§2 救生艇装备	293
§3 救生艇存放和降落	296
§4 救生筏	298
§5 救生衣及救生圈	300
§6 救生艇在海上输送或救助的操作	304
§7 弃船以后救生艇的操作	308
第二十五章 货物装卸	307
§1 各种吨位	307
§2 船的稳性	308
§3 横稳性曲线	312
§4 自由液面	314
§5 装货前的准备	316
§6 装卸设备	316
§7 货物的装载计划	318
§8 装载数量计划	319
§9 货仓通风	322
第二十六章 船舶操纵	323
§1 操纵因素分析	323
§2 港内泊锚操纵	327
§3 调头(小调头)	330
§4 离浮筒	332
§5 船粒离靠码头的操纵	334
§6 离靠停泊船的操纵方法和利用抛锚进行离靠码头	339
§7 船艏离靠码头的操纵	340
§8 狭窄水道碰撞事故的预防和应采取的措施	341
§9 航行江河地区的操纵法	342
§10 使用拖船帮助离靠码头的操纵	344
§11 进出船坞的操纵	345
§12 在运河上的操纵	346
第二十七章 大风浪中船舶的操纵	350
§1 波浪	350
§2 波浪对于船舶摇摆的效应	350
§3 风的效应	351
§4 大风浪中的操纵方法	352
§5 对拖流轮在海洋上靠傍的操纵	354
第二十八章 船舶在冰区的操纵	356
§1 遇冰前的预防措施	356

§2 船舶进入冰区时的预防措施	357
§3 冰区航行速度	358
第二十九章 海难应急的操纵	360
§1 操舵装置损坏时的操纵	360
§2 拖带船舶	361
§3 漁船甲板上結冰的危險性	363
§4 船舶觸淺及出淺	363
第三十章 船舶保养	365
§1 甲板和仓面建筑的洗滌	365
§2 桅樁和索具的保养	365
§3 涂漆工作	365
§4 楔縫和澆补	366
第三十一章 海上法規	368
§1 我国非机动船海上安全航行暫行規則	368
§2 漁船船員职务	369
§3 海上避碰規則的一般內容	375
§4 号灯和号型	376
§5 駕駛和航行的規則以及有关事項	378
第三十二章 船舶信号	382
附 录	391
一、中华人民共和国船舶檢驗局公布海船航行設備規範总則(节录)	391
二、地球磁力綫	392
三、霧級、風級和海况級別	394
四、北半球風暴天气变化情况	395
五、风向記号	395
六、海船船壳水密試驗标准	396
七、利用单一天体在短間隔時間做两次观测求船位法	397
八、米制換算表	405
九、机械单位和电工单位同值表	406
十、航海历史資料(1959年)	407

緒 論

从海洋漁业生产角度来看，漁輪駕駛員应具有循着魚群洄游路綫进行捕魚所必需的优良的航海技术，即定位技术与操纵技术。在海洋上作业的时候，定位与操纵两者是一个不可分割的整体。

当漁船在陆地或島屿附近拖网作业或者航行时，要利用岸上物标如灯塔等的方位来测定船位。在視距不良时，船位可以利用雷达和无线电测向或其他电航仪器来测定。但是当船舶进入到大海以后，除了在适当情况下，仍然可以利用地面无綫电双曲綫航标的方法来测定船位外，主要的便是依靠航海天文的方法进行定位。另一方面，駕駛員要依据风浪与底质等情况来調整拖速，使网具在水中保持于正常的状态，不致破裂。此外，两只漁船在海洋上进行靠傍，以及进出港口或者离靠碼頭等等，都必须掌握船舶的特性才能安全地进行操纵。

航海技术是工业捕魚专业的主要課程之一，它的主要内容，包括实用駕駛、航海天文、避碰規則、磁罗經、电航仪器、船艺、通訊、船舶結構大意、引港以及船員职务等理論知識，但它的中心内容應該是掌握航向、定位和船舶操纵。由此，我們可以了解到航海技术在生产上和在教学上的地位和作用了。

我国是世界文明古国之一，航海技术的发展也最早，貢獻也最大。一千多年前張衡（公元78—139年）就創制了渾天仪，能够自动地驗證天象。汉朝（第三世紀初叶）时代，我国和印度洋以西地域的交通情况，在“汉书”“地理志”里面已有詳細的記載。齐祖冲之（公元429—500年）在天文学上发现了北极星的移动。唐一行僧（公元683—727年）发现了恒星的移动。唐代地理学家賈耽（公元730—805年）繪有“广州通海夷道”的航綫和日程，这表明了唐朝和阿拉伯之間的交通已很发达了。公元十一世紀末至十二世紀初年时，我国已知道在航海方面使用指南針（磁罗經），后来，这种辨别方向的仪器經由阿拉伯人傳到欧洲去。

明朝时我国著名的航海家郑和七下西洋（現在一般所称南洋）（1403—1435），其規模之大，航程之远，在当时是举世无匹的。当时在航海技术方面是：夜間看星，晴天看太阳，阴天看指南針，以定航向，并常用长绳下鈎，沉至海底取泥，看泥质推定位置。可見当时对于航海引港和航海天文方面的知識已經很丰富了。

在郑和以前的时代里，即在宋、元时代（公元第十世紀中期到十四世紀中期），我国的航海技术也很发达。在航行时多利用风力，悬帆之桅自四桅以至十二桅，无风时用橹，一船有八橹至二十橹，每橹工作者由四人至二、三十人不等^①，可見当时操作技术的水平和人力的妥善分工，已达到很高的程度，才能管理操纵这种大型船舶和大风浪作斗争。

在欧洲,从十五世紀起,由于資本主义經濟的发展,促使資产階級追求更大的利潤,便促进了海外貿易和航海技术的发展。航海技术的发展,就要求有更多的天文知識,在1761年就出現了天文钟。

俄国学者波波夫的无綫电的发明,大大地提高了檢驗天文钟的准确度。无綫电已經成为最重要的航海工具和通訊工具。

本世紀以来航海技术的发展,主要表现在辨別方向的仪器更加改进。无綫电助航仪器的发明和推广,創立了位置綫和船位的誤差理論。

我国古代在航海技术方面有着光荣的历史。由于长期受着封建主义的压迫,特别是近百年来的帝国主义的侵略和反动政府的統治,使得我国一蹶不振,航海技术沒有得到发揚光大。解放后,在党的正确领导下,在短短十年中,我国已有自編的航海天文历,自己构造的漁船,自制的六分仪、磁罗經、測距仪、电动測程仪等等。特别是大跃进以来,更制定自己的鋼船建造规范,使我国在造船和操纵有了安全的保证。我們深信今后在党的领导下,我国的航海技术一定会不断地飞跃前进。

① 陈裕菁譯:“清史稿”,第92—100,又第969頁。

第一篇 航海引港

第一章 地 球

§1 地球形状和大小

我們在处理航海問題时,把地球当为圓球体,因为圓球体和地球实际形状很为相似,其差别很小。但在一切要求較大准确度的大地測量学,天文学和地图学的实际問題中,都是以旋轉橢圓体的表面作为地球的表面,并称这个旋轉橢圓体为地球橢圓体。

地球橢圓体,是由橢圓 $PEP'Q$ (图 1) 繞短軸 PP' 旋轉所形成。橢圓长半軸 OE 的端繞短軸 PP' 旋轉时,在垂直于 PP' 的平面上描繪一个圓圈,叫这圓圈为赤道。 P, P' 为地球北极和南极。通过短軸 POP' 的平面与地球橢圓体表面相交所成的截痕形成了一个橢圓子午圈;橢圓子午圈的一半 PQP' 或 PEP' 又名为地理子午圈。橢圓长半軸 (6,378,245 米) 以字母 a 来表示,短軸 (6,356,863 米) 用 b 来表示。

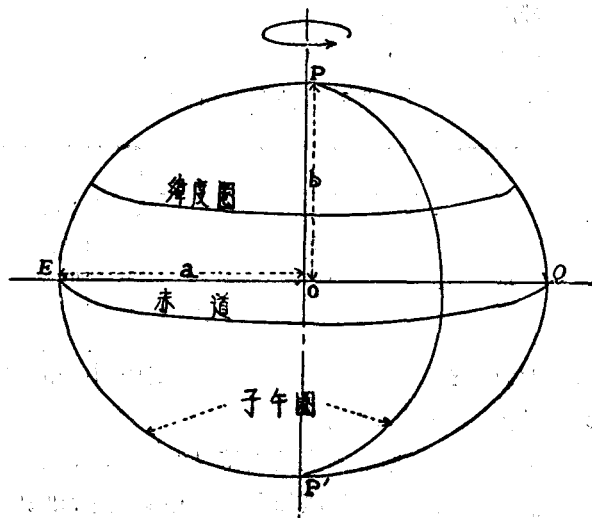


图 1

扁率 C 表征着地球橢圓体的形状,它是按下列公式求得的:

$$C = \frac{a-b}{a} = \frac{6,378,245 - 6,356,863}{6,378,245} = \frac{1}{298.3} \quad (1)$$

§2 地理座标

地球橢圓体表面上任何一点的位置,都可用它的地理座标,即緯度和經度来确定。

某点的鉛垂綫与赤道平面所成的交角,称为該点的地理緯度 (图 2) 以 θ 来表示。緯度的計算是自赤道向北或南由 0° 到 90° 。北緯用 N ; 南緯用 S 来表示。

在計算經度时，須選擇一个子午圈作为起始子午圈或零度子午圈，从而求出任何其他子午圈的位置。

起始子午圈与某任意点子午圈两个平面在地极所夹角度，称为該点的地理經度。其数值亦可用赤道弧来量度。

1884 年国际會議采取通过格林尼治天文台子午线的子午綫作为起始子午圈。

經度的計算是由起始子午圈向东或西由 0° 至 180° ， E 表示东經度； W 表示西經度。例如

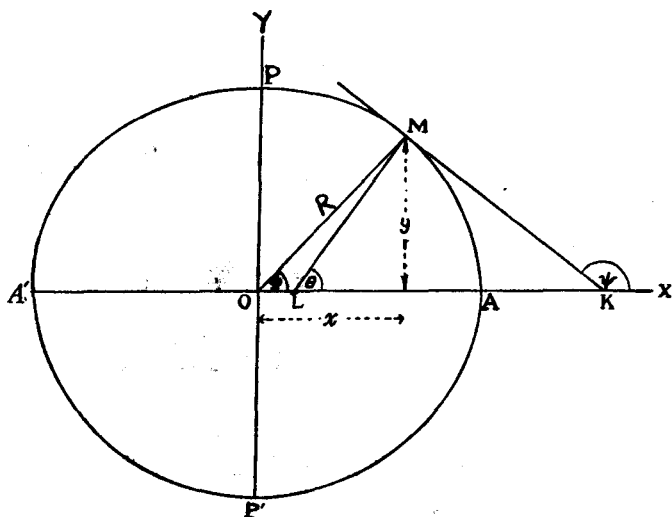


图 2

		北	緯	东	經
北	京	39°54'		116°28'	
上	海	31°12'		121°26'	
重	庆	29°34'		106°48'	
南	京	32°04'		118°47'	

自地球橢圓体表面任一点接連至地球中心的半徑与赤道平面所成的交角，叫做該点的地心緯度，以 ϕ 表示(图 2)。

地理緯度与地心緯度的差值叫做“差量”，以 γ 表示。該量等于角 OML 。

設有一点， M ，它的座标各用 x 和 y 表示，則其橢圓的方程式：

$$\frac{x^2}{a^2} + \frac{y^2}{b^2} = 1 \quad (2)$$

大家知道，在某一点上所引曲綫的切綫与橫軸的正向組成角度的正切是一次导数 $\frac{dy}{dx}$ ；

因此

$$\frac{dy}{dx} = \operatorname{tg}(90^\circ + \phi) = -\operatorname{ctg} \phi$$

为了把一次导数 $\frac{dy}{dx}$ 用直角坐标 x, y 的函数来表示，把橢圓的方程式微分后得

$$\frac{x}{a^2} + \frac{y}{b^2} \cdot \frac{dy}{dx} = 0$$

由此得

$$\frac{dy}{dx} = -\frac{b^2}{a^2} \cdot \frac{x}{y}$$

$$\operatorname{ctg} \phi = \frac{b^2}{a^2} \cdot \frac{x}{y} = \frac{b^2}{a^2} \operatorname{ctg} \theta = (1-C)^2 \operatorname{ctg}(\phi-\gamma)$$

$$\therefore \operatorname{tg}(\phi-\gamma) = (1-C)^2 \operatorname{tg} \phi \quad (3)$$

但是 $\operatorname{tg} \gamma$ 很小, 应用弧度计算时, 可用 γ 代替。C 值亦很少, 故在方程式演变中, 可以把 C^2 , $C\gamma$ 和 $C^2\gamma$ 等值略而不计, 则方程式就简化了。即

$$\operatorname{tg} \phi - \operatorname{tg} \gamma = (1 + \operatorname{tg} \phi \operatorname{tg} \gamma)(1-C)^2 \operatorname{tg} \phi$$

$$\operatorname{tg} \phi - \gamma = (1 + \gamma \operatorname{tg} \phi)(1-2C) \operatorname{tg} \phi$$

$$\operatorname{tg} \phi - \gamma = (1 + \gamma \operatorname{tg} \phi - 2C) \operatorname{tg} \phi$$

$$\gamma(1 + \operatorname{tg}^2 \phi) = 2C \operatorname{tg} \phi$$

$$\text{即} \quad \gamma = C \sin 2\phi$$

如果不以弧度而以弧度的秒数来表示, 即

$$\gamma \sin 1'' = C \sin 2\phi$$

$$\gamma = 206265'' \times C \sin 2\phi$$

如果 C 采用正确的数值, 则方程式为

$$\gamma = 691''.8 \times \sin 2\phi \quad (4)$$

由此可知, 地理纬度在 0° 或 90° , 则地理纬度和地心纬度相同。

最大“差量”是在纬度 45° , 其值为 $11'.5$, 因为 $\sin 2\phi = 90^\circ$

§3 子午弧一分的长度(裡的长度)

设在 AP 子午弧上有相互靠近的两点, M 和 M'。M 的地理纬度为 ϕ , 又 M' 的地理纬度为 $\phi + \Delta\phi$ (图 3)。M 的座标为 (x, y) , 而 MM' 的长度很短, 故其座标以 $[(x + \Delta x), (y + \Delta y)]$ 来表示。MM' 的长度以 ΔS

或 dS 表示, 则

$$\frac{QM'}{MM'} = \sin QMM' = \cos \phi$$

即 $\frac{\Delta y}{\Delta S} = \cos \phi$ 此式以通常微分

符号表示成为

$$\frac{ds}{dy} = \sec \phi \quad (5)$$

我们要求能够导出子午弧段和地

理弧段两者的比例关系即 $\frac{ds}{d\phi}$ 。

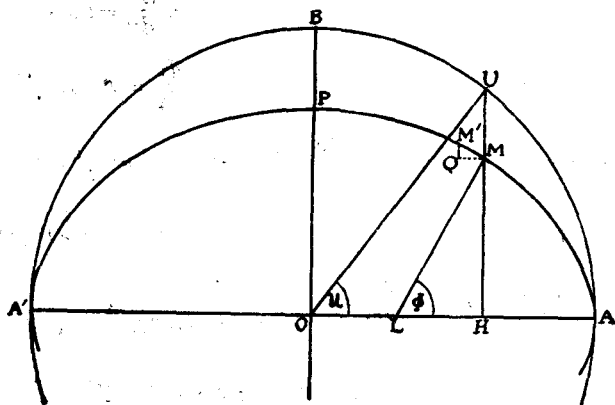


图 3

但是:

$$\frac{ds}{dy} = \frac{ds}{d\phi} \cdot \frac{d\phi}{dy}$$

即

$$\frac{ds}{d\phi} = \sec\phi \frac{dy}{d\phi} \quad (6)$$

为欲求出 $\frac{dy}{d\phi}$, 可用 AA' 为直径 O 为中心作出 ABA' 几何圆形来进行。延长 HM 使交于几何图 U 点, 则半径 OU 遂与 X 轴形成角 u , 如果以 a 代表 OU , 则

$$x = a \cos u$$

由椭圆方程式:

$$\begin{aligned} \frac{y^2}{b^2} &= 1 - \frac{x^2}{a^2} \\ &= 1 - \cos^2 u \end{aligned}$$

即

$$y = b \sin u$$

由前节得知:

$$\operatorname{tg}(\phi - \gamma) = (1 - C)^2 \operatorname{tg} \phi$$

即

$$\frac{y}{x} = (1 - C)^2 \operatorname{tg} \phi$$

把 $x = a \cos u$ 和 $y = b \sin u$ 代入, 则

$$(1 - C)^2 \operatorname{tg} \phi = \frac{b \sin u}{a \cos u} = (1 - C) \operatorname{tg} u$$

$\therefore \operatorname{tg} u = (1 - C) \operatorname{tg} \phi$ 通过微分后, 则

$$\sec^2 u \frac{du}{d\phi} = (1 - C) \sec^2 \phi$$

即

$$\frac{du}{d\phi} = (1 - C) \sec^2 \phi \cos^2 u \quad (7)$$

但是

$y = b \sin u$ 通过微分后, 则为

$$\frac{dy}{du} = b \cos u$$

亦即

$$\frac{dy}{d\phi} = b \cos u \frac{du}{d\phi}$$

所以,

$$\frac{dy}{d\phi} = b(1 - C) \sec^2 \phi \cos^2 u = \frac{a(1 - C)^2 \sec^2 \phi}{(1 + \operatorname{tg}^2 u)^{\frac{3}{2}}} \quad (8)$$

因为

$$\operatorname{tg} u = (1 - C) \operatorname{tg} \phi$$

所以

$$\begin{aligned} \frac{dy}{d\phi} &= \frac{a(1 - C)^2 \sec^2 \phi}{[1 + (1 - C)^2 \operatorname{tg}^2 \phi]^{\frac{3}{2}}} = \frac{a(1 - C)^2 \cos \phi}{[\cos^2 \phi + (1 - C)^2 \sin^2 \phi]^{\frac{3}{2}}} \\ &= a(1 - C)^2 \cos \phi [1 - 2C \sin^2 \phi + C^2 \sin^2 \phi]^{-\frac{3}{2}} \end{aligned}$$

因为 C 的数值很小, 所以 C 的二次方可省去, 则

$$\frac{dy}{d\phi} = a(1-2C)\cos\phi[1-2C\sin^2\phi]^{-\frac{1}{2}}$$

$[1-2C\sin^2\phi]^{-\frac{1}{2}}$ 用二项定理展开, 二次幂以上的不计而成为 $(1+3C\sin^2\phi)$

$$\begin{aligned}\therefore \frac{dy}{d\phi} &= a(1-2C)\cos\phi(1+3C\sin^2\phi) \\ &= a\cos\phi[1-2C+3C\sin^2\phi] \\ &= a\cos\phi\left[1-\frac{C}{2}(1+3\cos 2\phi)\right]\end{aligned}$$

现在可以导出 $\frac{ds}{d\phi}$, 即

$$\frac{ds}{d\phi} = \sec\phi \frac{dy}{d\phi} = a\left[1-\frac{C}{2}(1+3\cos 2\phi)\right]$$

$$\therefore \Delta S = a\left[1-\frac{C}{2}(1+3\cos 2\phi)\right]\Delta\phi$$

$$S = a\left[1-\frac{C}{2}(1+3\cos 2\phi)\right]\text{arc}1' \quad (9)$$

依据苏联克拉索夫斯基(1940年)旋轉橢圓体 a 的原素为 6378245 米和 C 为 0.00335233 进行核算, 则得子午弧一分长度对于緯度的关系为:

$$S = 1852.3 - 9.3 \times \cos 2\phi$$

由式(9)可知在地球橢圓体上子午弧一分的长度在赤道为 1843 米, 在地极为 1861.6 米。

这就是湮(海里)的理論說明。

在实际航行中, 我們使用固定的平均值作为湮的长度不会产生很大的誤差。例如有一船由北緯 5° 沿着子午圈向南航行一天, 航速每小时为 25 湮, 則其航程为 600 湮。由此, 該船在航行中緯度的变更应为 10° , 即到达南緯 5° 地点。但是在赤道附近子午弧一分的长度为 1843 米, 較所固定的湮的长度为小, 因此該船的緯度应是:

$$\frac{1852 \times 600}{1843} = 603 \text{ 分}$$

亦即应抵达南緯 $5^\circ 3'$ 地点。

将湮固定为 1852 米, 它的最大誤差只达航程的 0.5%; 在中緯度航行誤差更小。

制造测程仪时是以湮的固定值来計算的, 但是船舶在航行中遭遇水流, 风压以及航向上的偶然偏差等等的影响远远地超过由于采用固定值計算所产生的誤差, 所以誤差可以不計。

因此, 在研究許多航海实际問題时, 乃把地球当为圓球体。在子午弧一分的长度等于一湮的情况下, 我們可以得出地球的半徑为: $\frac{360 \times 60}{2\pi} = 3437.747$ 湮。

1928 年国际水道測量局在摩納哥會議, 决定湮的长度为 1852 米(6080 呎)。