内部材料
I
№ 000127

地文航海補充材料

(大圆航法)

航海业务长班

中国人民解放軍海軍高級专科学校

一九六〇年五月

第十七章　大园弧航法

在地球表面上，两点間的最短距离是通过該两点的大园弧。当短程航行，等角航綫与大园航綫长度相差很小，为了簡便，可按等角航綫航行。但在远洋航海时，等角航綫比大园航綫的长度有时可达数百浬，为縮短航行时間，应使艦艇沿大园航綫航行。这种航行方法称“大园弧航法”或“大园航法”。

第一节　等角航綫和大园航綫的航程差

在第一篇　四节我們已知道，等角航綫在球体上为对数螺旋曲綫，而且逐渐向极接近，它越靠近地极，曲率越大。因此緯度越高，等角航綫和大园航綫的航程差越大，当高緯度航行时，按大园航法是比較有利的。而当艦艇沿赤道或經綫（南北航向）以及沿它們的附近航行时，則可不采用大园航法，这是因为赤道綫和經度綫既是大园弧又是等角航綫。

在拟定远洋航度計划时，还可以計算出航渡出发点和到达点間的等角航綫和大园航綫的长度，比較二者的航程差，以供拟定計划时参考，当航程差不大时，即可按等角航綫航行，因为大园航法的計算和作业都比較复杂。

計算航程的方法如下：

一求等角航綫航程公式：

$$D_{\lambda}=(\varphi_2-\varphi_1)' \sec K_{\lambda}$$

或 $D_{\lambda}=(\lambda_2-\lambda_1)' \cos\varphi_m \csc K_{\lambda}$

式中　K ——等角航向（[illegible]）

φ_m——平均緯度 $\frac{\varphi_1+\varphi_2}{2}$。

二大园航綫的航程：

$$\cos D_0 = \sin\varphi_1\sin\varphi_2 + \cos\varphi_1\cos\varphi_2\cos(\lambda_2-\lambda_1) \cdots\cdots (5-1)$$

这一公式是根据图5—32中球面三角形AP_nB写出的。

在利用上述公式进行計算时，必須使用和与差的函数，因此在計算前应对公式的符号加以分析，以决定公式的右边的值是和或是差。

——以北緯命名的φ_1和φ_2是正角；它們的函数值也是正值；

——以南緯命名的φ_1和φ_2是負角；緯度的正弦是負值，緯度的余弦是正值。

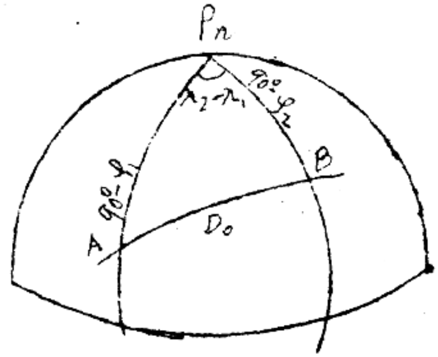


图5—32

——經度差的余弦如經度差小于90°时，則其余弦值是正值，大于90°时，則为負值。

关于距离D的判断，是根据方程式右边符号的綜合，如果綜合符号是正值，則距离D小于90°。如是負值，則距离应是由表中查得的180°补角。

〔例题一〕已知航渡出发点为琉球群島 $\varphi_1=27°25'.0N$ $\lambda_1=129°30'.0E$ 到美国旧金山 $\varphi_2=37°25'.0N$ $\lambda_2=124°25'.0W$。

求：通过这两点的等角航綫和大圆航綫间的航程差数。

解：1.求等角航綫航程D_λ：

利用公式 $D_\lambda=(\varphi_2-\varphi_1)\sec K_\lambda$

首先計算航向（K）值。由第二篇講义第91頁公式（2.69）：

$$tg K_\lambda = \frac{PD(經度差)}{PM(漸长緯度差)}$$

即

$$tg K_\lambda = \frac{\lambda_2-\lambda_1}{M\varphi_2 - M\varphi_1}$$

$\lambda_2 = 124°25'$ W　　　$M\phi_2 = 2485.8$

$\lambda_1 = 129°30'$ E　　　$M\phi_1 = 1701.0$

PD $= 106°05'$　　　PM $= 784.8$

$= 6365$

$\log 6365 = 3.8038$

$-)\ \log 784.8 = 2.8948$

$\log \tan C = 0.9090$

∴航向角 $C = 82°58'$

$\varphi_2 = 38°25'$ N

$-)\ \varphi_1 = 27°25'$ N

$\varphi_2 - \varphi_1 = 11°00'$ N $= 660'$

$\log 660' = 2.8195$

$+)\ \log \sec 82°58' = 0.9121$

$\log D_1 = 3.7316$

∴恒向線航程 $D_1 = 5390$ 浬

2.計算大圈航程：

據公式（5—1）：

$\cos D_0 = \sin\varphi_1 \sin\varphi_2 + \cos\varphi_1 \cos\varphi_2 \cos(\lambda_2 - \lambda_1)$

$= \sin(+27°25')\ \sin(+38°25') + \cos(+27°25')$

$$\begin{array}{cc} + & - \\ \cos 38^\circ 25' & \cos 106^\circ 05' \end{array}$$

$D_0 = +\mathrm{I} - \mathrm{II}\ (\beta)$

	lg	+I	lg	—II
$\varphi_1 = 37^\circ 25'.0N$	Sin	9.6632	cos	9.9483
$\varphi_2 = 38^\circ 25'.0N$	Sin	9.7934	cos	9.8940
$\mathrm{P}\ D = 106^\circ 05'.0$	--	—	cos	9.4425
	+I	9.4566	—II	9.2848
	β	9.5142	I—II	0.1718
	$\lg \cos D_0$	8.9708		

$$D_0 = 34^\circ 38' = 5073\text{浬}$$

3.二者航程差：

$$D_\lambda - D_0 = 5390 - 5073 = 312\text{浬}$$

但必须指出，在拟定远洋航渡的航线时，除了考虑二点间的距离外，还必须考虑到海区的航行情况，和充分地研究航行季节、定海流、洋流资料、盛行风、浪涌、航行危险物等，适当地选择航路，不仅使上述各因素不影响航速，而且充分地利用有利因素完成航行任务。因此，航渡航线就不一定是两点间的最短距离——大圆弧。

第二节 大圆航线方程式及其参数

为了确定大圆航线在地球面上的位置，必须知道大圆弧方程式。由图5—35中球面直角三角形△ENA得出大圆航线方程式：

$$tg\varphi_i = \sin(\lambda_i - \lambda_0)\,ctg K_0$$

（5—2）

这方程适合于 MAB 大圆弧上任意点。式中主要参数为：

λ_0——大圆弧和赤道交点的经度；

K_0——大圆弧穿过赤道时的航向。

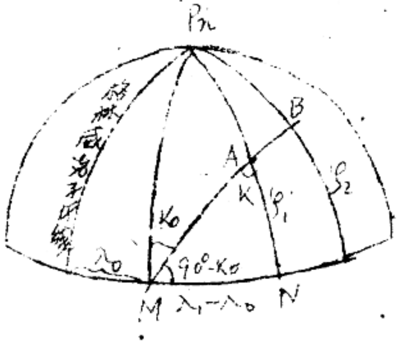


图 5—5 3

下面我们研究如何利用航路开始点和到达点的坐标 φ_1、λ_1、φ_2、λ_2 计算 λ_0 和 K_0。

由公式（5—2）可得出适合开始点和到达点坐标的方程式：

$$tg K_0 = ctg\varphi_1 \sin(\lambda_1 - \lambda_0) \qquad (5—3)$$

$$tg K_0 = ctg\varphi_2 \sin(\lambda_2 - \lambda_0) \qquad (5—4)$$

将以上两式写成：

$$tg\varphi_1 = ctg K_0 \sin(\lambda_1 - \lambda_0)$$

$$tg\varphi_2 = ctg K_0 \sin(\lambda_2 - \lambda_0)$$

为消去 K_0：

$$\frac{tg\varphi_2}{tg\varphi_1} = \frac{ctg K_0 \sin(\lambda_2 - \lambda_0)}{ctg K_0 \sin(\lambda_1 - \lambda_0)} = \frac{\sin(\lambda_2 - \lambda_0)}{\sin(\lambda_1 - \lambda_0)}$$

根据代数比的关系上式可写成：

$$\frac{t_g\varphi_2-t_g\varphi_1}{t_g\varphi_2+t_g\varphi_1}=\frac{\sin(\lambda_2-\lambda_0)-\sin(\lambda_1-\lambda_0)}{\sin(\lambda_2-\lambda_0)+\sin(\lambda_1-\lambda_0)}$$

$$=\frac{2\cos\frac{\lambda_2-\lambda_0+\lambda_1-\lambda_0}{2}\cdot\sin\frac{\lambda_2-\lambda_0-\lambda_1+\lambda_0}{2}}{2\sin\frac{\lambda_2-\lambda_0+\lambda_1-\lambda_0}{2}\cdot\cos\frac{\lambda_2-\lambda_0-\lambda_1+\lambda_0}{2}}$$

$$=\frac{2\cos\left(\frac{\lambda_1+\lambda_2}{2}-\lambda_0\right)\sin\left(\frac{\lambda_2-\lambda_1}{2}\right)}{2\sin\left(\frac{\lambda_1+\lambda_2}{2}-\lambda_0\right)\cos\left(\frac{\lambda_2-\lambda_1}{2}\right)}$$

$$=Ct_g\left(\frac{\lambda_1+\lambda_2}{2}-\lambda_0\right)\cdot t_g\left(\frac{\lambda_2-\lambda_1}{2}\right)$$

但是 $\frac{t_g\varphi_2-t_g\varphi_1}{t_g\varphi_2+t_g\varphi_1}=\frac{\sin(\varphi_2-\varphi_1)}{\sin(\varphi_2+\varphi_1)}$

則 $\frac{\sin(\varphi_2-\varphi_1)}{\sin(\varphi_2+\varphi_1)}=Ct_g\left(\frac{\lambda_1+\lambda_2}{2}-\lambda_0\right)\cdot t_g\left(\frac{\lambda_2-\lambda_1}{2}\right)$

即 $t_g\left(\frac{\lambda_1+\lambda_2}{2}-\lambda_0\right)=t_g\left(\frac{\lambda_2-\lambda_1}{2}\right)\cdot\sin(\varphi_1+\varphi_2)\,CSC(\varphi_2-\varphi_1)$

令 $\frac{\lambda_1+\lambda_2}{2}=\lambda_m$.

得 $$tg(\lambda_{cr}-\lambda_0)=tg\frac{\lambda_2-\lambda_1}{2}\cdot\sin(\varphi_1+\varphi_2)\csc(\varphi_2-\varphi_1)$$
………(δ—5)

利用上式根据已知的 $\varphi_1\lambda_1$ 和 $\varphi_2\lambda_2$ 就可求得参数 λ_0 ——大圆弧与赤道交点的经度。然后以 λ_0 和 $\varphi_1\lambda_1$（或 $\varphi_2\lambda_2$）代入公式（5—3）或公式（5—4）求参数 K_0 ——大圆弧穿过赤道时的航向。

在求得 λ_0 和 K_0 后代入公式（5—2），即为大圆弧方程式。

当用公式（5—4）求 λ_0 时，必须按下列规则分析其符号：

——$\frac{\lambda_1+\lambda_2}{2}$ 的符号应与出发点和到达点间中间子午线的经度相适应，东经时为正（+），西经时为負（—）；

——$\varphi_1+\varphi_2$ 和 $\varphi_2-\varphi_1$ 的符号，是以它们的代数和的结果求得的；$\sin(\varphi_1+\varphi_2)$ 和 $\csc(\varphi_2-\varphi_1)$ 的符号与 $(\varphi_1+\varphi_2)$，$(\varphi_2-\varphi_1)$ 的符号相一致；

——$\frac{\lambda_2-\lambda_1}{2}$ 的符号是取决于船舶运动方向，当运动方向向东时为正（+），向西时为負（—）。$tg\frac{\lambda_2-\lambda_1}{2}$ 的符号与 $\frac{\lambda_2-\lambda_1}{2}$ 的符号一致。

〔例题二〕用第一节例题数据：

出发点 $\begin{cases}\varphi_1=27^\circ25'0N\\ \lambda_1=129^\circ30'0St\end{cases}$

到达点 $\begin{cases}\varphi_2=38^\circ25'N\\ \lambda_2=124^\circ25'wSt\end{cases}$

求：(一)大圆弧和赤道交点的经度 λ_0；

(二)大圆弧穿过赤道时的航向 K_0。

解：

(1)求λ_o：

$$\frac{\lambda_2-\lambda_1}{2}=\frac{106°05'}{2}=+53°02'.5$$

$$\varphi_1+\varphi_2=+65°50'$$

$$\varphi_2-\varphi_1=-11°00'$$

$$\lambda_m=\frac{\lambda_1+\lambda_2}{2}=\frac{129°30'+(360-124°25')}{2}$$

$$=182°32'.5$$

$lg\,tg\,53°02'.5=0.1235$

$lg\,Sin\,65°50'=9.9602$

$lg\,cos\,11°00'=9.7194$ [sic: printed "0.7194"]

$lg\,tg(\lambda_m-\lambda_o)=0.8031$

$\lambda_m-\lambda_o=81°03'.5$

$\lambda_o=182°32'.5-81°03'.5$

$=101°29'.0\ \mathrm{0^{St}}$

(2)求K_o：

$\varphi_1=27°25'\ N$

$\lambda_1-\lambda_o=28°01'.0$

$lg\,Ctg\,27°25'=0.2851$

$lg\,Sin\,28°01'=9.6719$

$lg\,tg\,K_o=9.9570$

$K_o=42°10'$

第三节 大圆航线各分点座标的计算

为将大圆弧画在麦卡托海图上，首先应求出大圆弧上一些分点的坐标，然后将这些分点标在海图上，并用均匀的曲线将其连接起来，就是大圆弧，如图5—34。

图5—34

大圆弧各分点座标可利用公式计算法，这种方法准确性较好，但计算较复杂。计算的方法主要的有下列二种：

——利用大圆弧参数λ_0和K_0；

——利用顶点座标。

由于教学时数的限制，我们只讲述利用大圆弧参数λ_0和K_0计算分点座标的方法。关于利用顶点座标的计算公式可参阅附录。

在第二节已讨论过，根据航线出发点经纬度（φ_1、λ_1）和到达点经纬度（φ_2、λ_2）求得λ_0和K_0。

在求得λ_0和K_0后，即可利用公式（5—2）求大圆弧上任意点的座标，即：

$$tg\varphi_i = Sin(\lambda_i - \lambda_0)\,Ctg K_0 \cdots\cdots\cdots\cdots(5—3)$$

以予定的各经度值（λ_i）代入上式，即可求得大圆弧上之相应各点的纬度（φ_i）。在设定经度时，一般是间隔5°—10°计算一点。

反之如设定纬度，同样可利用下式求得大圆弧上各分点的经度：

$$Sin(\lambda_i - \lambda_0) = tg\varphi_i \cdot tgK_0$$

为简化计算，根据以上两公式作成"航海用表"30（a和30(b)）

。以 $(\lambda_i-\lambda_0)$ 和 K_0 为引数查得 φ_i 值，或以 φ_i 和 K_0 为引数查得 $(\lambda_i-\lambda_0)$ 值。

当 $K_0>20°$ 时，用30表(a)；当 $K_0<20°$ 时，用30表(b)，因航向很小时大圆航和子午线夹角很小，用30表(a)不合适。

为了避免不必要的内插以及由于内插产生的误差，在选择予定分点的经度时，应使经差 $\lambda_i-\lambda_0$ 为整数。

〔例三〕[illegible]：

由出发点 $\begin{cases}\varphi_1=27°25' N\\ \lambda_1=129°36.0' E\end{cases}$ 到达点 $\begin{cases}\varphi_2=32°25' N\\ \lambda_2=124°25' W\end{cases}$

求：大圆航线上经差每隔10°的相应纬度 φ_i

解：首先应求出 λ_0 和 K_0，由上题已求得：

$$\lambda_0=101°29'.0$$

$$K_0=42°10'$$

因 $K_0>20°$，故应用30表(a)，以 $(\lambda_i-\lambda_0)$ 和 K_0 为引数，查得各分点纬度值如下表所列：

次序	λ_i	$\lambda_i-\lambda_0$	φ_i	
1（出发点）	129°30'08"	28°01'	27°25'	（应該为 27°23'）
2	131°29'	30°	28°54'	
3	141°29'	40°	35°22'	
4	151°29'	50°	40°13'	
5	161°29'	60°	43°43'	
6	171°29'	70°	46°03'	
7	178°31' W	80°	47°24'	
8	168°31'	90°	47°50'	
9	158°31'	100°	47°24'	
10	148°31'	110°	46°03'	
11	138°31'	120°	43°43'	
12	128°31'	130°	40°13'	
13（到达点）	124°25'	134°06'	38°25'	（应該为 38°26'）

第四节 沿大园弧航行的航向計算

为使航舰正确地沿大园弧航行，就必须不断地改变航向。但实际上不断地改变航向是不可能的，因此应将大园弧分为若干段，在每段上按等角航线航行，而成为折线航行，如图5—35。

沿每段等角航线航行的航向（MK），可按下列两种方法求得：

一、利用量角器在海图上量取：即用量角器量取某一分点到下一分点联线的方向。此法准确性较差，一般不用。

二、利用計算法求得： 故

首先可根据大园弧参入。，根据下列公式（5—5）求出大园弧

上任意点对于午线的大圆航线的方向。

图 5— 3 5

$$ctg\,\psi = ctg(\lambda_1-\lambda_0)\,Sin\,\varphi_1 \cdots\cdots\cdots\cdots (5-5)$$

此式是由图5—35球面直角三角形MNA导出的。

在利用上式求得所有各点（c、δ、ε……）的大圆航线的航向K。如在A点等于K_1，在c点等于K_2，则得由A点航行到c点的等角航线航向NK_1为：

$$NK_1=\frac{K_1+K_2}{2} \cdots\cdots\cdots\cdots (5-6)$$

其他线段的航向则依次类推。

公式（5—6）是根据第一篇第五节公式（1—29），即子午线收敛角：$\gamma=K_2-K_1$（大圆航向）

由图5—36，A点到c点的等角航向 $NK_1=K_1+\psi$。

而在第一篇第五节

我们已知：$\gamma=2\psi$

即：$\psi=\frac{\gamma}{2}=\frac{K_2-K_1}{2}$

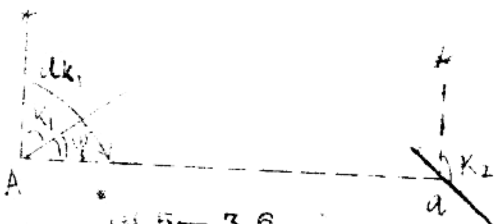


图 5— 3 6

則：$N K_1 = K_1 + \dfrac{K_2 - K_1}{2}$

$= \dfrac{K_1 + K_2}{2}$

等角航綫区段的大小，一般是使由一段航綫轉至另一段航綫的轉向角为2°—5°

〔例四〕根据例一的数据：

出发点 $\begin{cases} \varphi_1 = 27^\circ 25' \ N \\ \lambda_1 = 129^\circ 30' \cdot 0 \ 0^{St} \end{cases}$

到达点 $\begin{cases} \varphi_2 = 38^\circ 25' \cdot 0N \\ \lambda_2 = 124^\circ 25' \ W^{St} \end{cases}$

求：各分点的大圆航向（K）和每段航綫的等角航向（uK）。

解：(1)根据例三所求得的分点座标及公式（5—5）：

$ctgK = ctg(\lambda_i - \lambda_0) \sin\varphi_i$

求得各分点大圆航向K，并列于下表；

(2)根据公式（5—6）$K = \dfrac{K_1 + K_2}{2}$ 求等角航向uK。

次序	$\lambda_i - \lambda_0$	φ_i	$lg\,ctg(\lambda_i - \lambda_0)$	$lg\sin\varphi_i$	$lg\,ctgK$	K（大圆航向）	（等角航向）$uK = \frac{K_1 + K_2}{2}$	航向改变量
1	28°01′	27°25′	0.2740	9.6632	9.9372	49°07′	49°.6	
2	30°	28°54′	0.2386	9.6842	9.9228	50°04′	52°.8	3°.2
3	40°	35°22′	0.0762	9.7625	9.8387	55°24′	58°.5	5°.7
4	50°	40°13′	9.9238	9.8100	9.7338	61°32′	64°.9	6°.4
5	60°	43°43′	9.7614	9.8395	9.6009	68°14′	71°.8	6°.9
6	70°	46°03′	9.5611	9.8573	9.4184	75°19′	78°.9	7°.1
7	80°	47°24′	9.2463	9.8669	9.1132	82°36′	86°.3	7°.4
8	90°	47°50′	—	—	—	90°	93°.8	7°.5
9	100°	47°24′				97°2[illegible]′	101°.0	7°.2
10	110°	46°03′				104°41′	108°.2	7°.2
11	120°	43°43′				111°4[illegible]′	115°.1	6°.9
12	130°	40°13′				118°28′	119°.8	4°.7
13	134°06′	38°25′	9.9864	9.7934	9.7798	121°03′	—	

为了更正确地沿大园弧航行，应使每段的航向改变量为 $2°$ —$3°$。但从上表計算結果可以看出，多数段的航向改变量都在 $3°$ 以上。因此应将（$\lambda_1-\lambda_0$）的間隔縮小为 $5°$，并按上节方法求出相应的緯度，然后根据分点圖，計算出大园航向和等角航向。

为执行方便，还可利用以下公式求出各段等角航綫的航程：

$$D_i=(\varphi_2-\varphi_1)'\ \mathrm{Sec}\,K_i$$

第五节 混合航行

因为大园弧的頂点是向两地极的，所以当舰艇按大园弧航行时，可能航行到高緯度地区，而高緯度的冰等天气条件会增加航行的困难。或者因为海区战術情况的要求，应使舰艇航行不超过一定的緯度圈，这一緯度圈称为"极限緯度圈"。在这种情况下，航程应按三个部份組成：

——由航渡出发点到极限緯度的大园航綫：是过A点作与极限緯度圈相切的大园弧；

——与极限緯度圈重合的等角航綫；

——由极限緯度圈至航渡到达点B的大园航綫，即过B点作与极限緯度圈相切的大园弧。

混合航法的計算可以根据公式計算或利用方位投影图进行图解法。

。

如图5—37，舰艇要以最短航程由A点（$\varphi_1\lambda_1$）航渡到B点（$\varphi_2\lambda_2$）而且不超过极限緯度圈的緯度 $\varphi_{\Pi P}$。

AM——通过A点且与极限緯度圈切于M点（頂点）的大园綫段；

NB——通过B点且与极限緯度

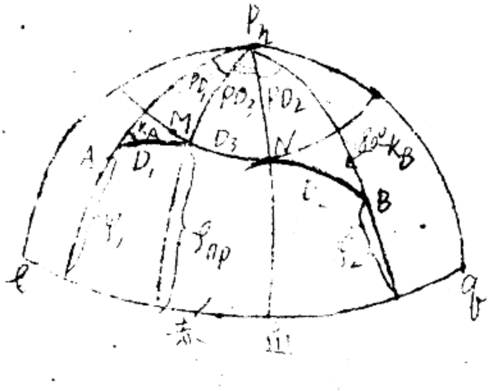


图5—37

度圈切于N点，大圆航线；

MN——极限纬度圈。

点M和N的子午线和大圆航线相交成直角，而得出两个球面直角三角形△APM和$\triangle NP_nB$。由直角三角形$\triangle AP_nM$得出：

$$\sin K_A=\sec\varphi_1\cos\varphi_{\Pi P} \quad \cdots\cdots\cdots (5-7)$$

$$\cos D_1=\sin\varphi_1\operatorname{cosec}\varphi_{\Pi P} \quad \cdots\cdots\cdots (5-8)$$

$$\cos PD_1=\operatorname{tg}\varphi_1\operatorname{ctg}\varphi_{\Pi P} \quad \cdots\cdots\cdots (5-9)$$

由直角三角形$\triangle NP_nB$得出类似公式：

$$\sin K_B=\sec\varphi_2\cdot\cos\varphi_{\Pi P} \quad \cdots\cdots\cdots (5-10)$$

$$\cos D_2=\sin\varphi_2\operatorname{cosec}\varphi_{\Pi P} \quad \cdots\cdots\cdots (5-11)$$

$$\cos PD_2=\operatorname{tg}\varphi_2\operatorname{ctg}\varphi_{\Pi P} \quad \cdots\cdots\cdots (5-12)$$

而M点和N点的经度是：

$$\left.\begin{aligned}\lambda_M&=\lambda_1+PD_1\\ \lambda_N&=\lambda_2-PD_2\end{aligned}\right\} \quad \cdots\cdots\cdots (5-13)$$

沿极限纬度圈航行时的经度差等于：

$$PD_3=(\lambda_2-\lambda_1)-(PD_1+PD_2) \quad \cdots\cdots\cdots (5-14)$$

在极限纬度圈上航行的航程：

$$D_3=PD_3\cos\varphi_{\Pi P} \quad \cdots\cdots\cdots (5-15)$$

混合航行的总航程：

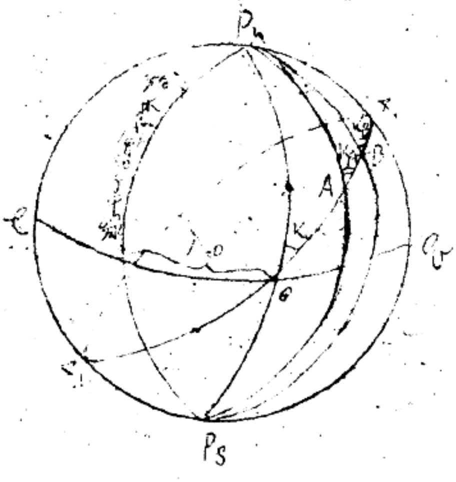
$$D=D_1+D_2+D_3 \quad \cdots\cdots\cdots (5-16)$$

将大圆航线的点标划在麦卡托海图上的方法，可参第三节的方法进行。计算 K_A 和 K_B 的公式（5—7）和（5—10），可用来计算在大圆弧（AQ和QB）上任意点的大圆航向。

附　　录

附注：

关于大圆航法各要素的计算方法很多，我们在前面第一节到第四节所讨论的是其基本方法，在这里我们再介绍另一种方法，这种方法是利用大圆航的出发点航向（称"始航向"）和到达点航向（称"终航向"）以及"顶点"座标来计算的。



图—1

所謂"始航向"和"終航向"是大圆弧和出发点經綫及到达点經綫分别交成的大圆航向角，如图—1中的$\angle P_nAB$是始航向（K_A）和$\angle P_nBV$是終航向（K_B）。

在大圆弧上而且緯度最高的点叫"頂点"（V）由图中可以看出每一个大圆都有两个頂点（V V'），它們的經度相差180°而緯度的大小一样，但命名相反。

因为大圆弧与赤道的交点Q是頂点子午圈的极，所以：

$$\varphi_V = 90^\circ - K_0 \quad \cdots\cdots\cdots\cdots\cdots\cdots \quad (I-1)$$

$$\lambda_V = \lambda_0 \pm 90^\circ \quad \cdots\cdots\cdots\cdots\cdots\cdots \quad (I-2)$$

这里所介紹方法的基本点是：首先利用出发点座标（$\varphi_1\lambda_1$）和到达点座标（$\varphi_2\lambda_2$）求始航向（K_A）和終航向（K_B），再利用K_A、K_B求大圆航程和頂点座标（$\varphi_V\lambda_V$），然后利用頂点座标求大圆弧上