

基于领海基线外推领海、毗连区和专属经济区的2种算法及其比较

宋博,王辉赞,张韧,刘科峰,黎鑫,葛珊珊

(国防科技大学气象海洋学院 南京 211101)

摘要:由于领海基线一般由折线组成且地球表面为球面,基于领海基线外推领海、毗连区和专属经济区的实际计算存在困难。文章基于交圆法设计最短距离法和椭圆法2种算法并对其优劣性进行比较,研究表明:外推12 n mile领海和24 n mile毗连区的界线基本与外推的领海基线平行,外推200 n mile专属经济区的界线形状变化较大;最短距离法精度高但计算量较大,椭圆法所需计算时间短但精度较低且没有消除误差。

关键词:领海基线;海洋划界;海洋权益;最短距离法;椭圆法

中图分类号:P7

文献标志码:A

文章编号:1005-9857(2018)02-0063-04

Two Algorithms and the Comparison for Extrapolating Territorial Sea, Contiguous Zone and Exclusive Economic Zone Based on Baselines of Territorial Waters

SONG Bo, WANG Huizan, ZHANG Ren, LIU Kefeng, LI Xin, GE Shanshan

(Institute of Meteorology and Oceanography, National University of Defense Technology, Nanjing 211101, China)

Abstract: Since the baselines of the territorial sea are generally composed of lines and the surface of the earth is spherical, the actual calculation based on the baseline of territorial sea for the extrapolation of the territorial sea, the contiguous zone and the exclusive economic zone is difficult. Based on the intersection method, this paper designed and compared two algorithms: the shortest distance method and the ellipse method. Research showed that the boundary of the extrapolated 12 n mile territorial sea and the 24 n mile contiguous zone is basically parallel to the extrapolated territorial sea base line. The boundary of 200 n mile extrapolation exclusive economic zone changes a lot. The shortest distance method has high precision but a large amount of calculation. The ellipse method needs shorter calculation time but lower precision and does not eliminate the error.

Key words: Baseline of territorial sea, Maritime delimitation, Maritime rights and interests, Minimum distance method, Ellipse method

收稿日期:2017-08-10;修订日期:2017-12-20

作者简介:宋博,硕士研究生,研究方向为军事海洋学

通信作者:张韧,教授,博士生导师,研究方向为海洋环境保障与战略安全

1 引言

领海基线是测算领海、毗连区、专属经济区和大陆架宽度的起算线,其向陆一面的海域是内水域,向海一面的海域根据法律地位的不同可分为领海、毗连区、专属经济区和大陆架等。1982年《联合国海洋法公约》规定每个国家有权确定其领海的宽度,但对其最大范围作了限制,即“从按照本公约确定的基线量起不超过12 n mile的界限”^[1]。

领海的内部界线为领海基线,领海的外部界线则是1条线上每1个点同基线上最近点的距离等于领海宽度的线。1992年2月25日,《中华人民共和国领海及毗连区法》实施;1996年5月15日,我国宣布确定中华人民共和国大陆领海的部分基线和西沙群岛的领海基线;2012年9月10日,我国宣布确定中华人民共和国钓鱼岛及其附属岛屿的领海基线。我国将根据这些领海基线测算领海、毗连区、专属经济区和主张的其他海域的宽度,对维护海洋权益和海上维权执法有重要意义。

2 领海外部界线的划定方法

划定领海外部界线的方法有3种^[2]。①交圆法。当领海基线为低潮线时,以基线上某些点为中心,以领海宽度为半径,向外划出一系列相交的半圆,连接各半圆顶点之间所形成的线就是领海的外部界线。②共同切线法。当领海基线是直线基线时,以每个基点为中心,以领海宽度为半径,向外划出一系列半圆,然后划出每2个半圆的共同切线,每条这样的切线都是与基线平行的直线,其与基线的距离等于领海宽度,将这些切线连接在一起就形成领海的外部界线。③平行线法。当领海基线为低潮线时,由基线各点按领海宽度的距离向与海岸大体走向垂直的方向平行外移,使领海的外部界线与基线完全平行。

在上述3种方法中,交圆法可用于折线领海基线的推算,共同切线法可用于直线领海基线的推算,对于同一种领海基线数据,采用这2种方法得到的结果相同,都是实现推算的领海外部界线上每个点到领海基线的最短距离一致。平行线法虽然算法简单,但得到的结果与前2种方法差异较大,尤其是在有陆地向外突出时,推算的领海外部界线到领

海基线的最短距离相对其他地方偏小。鉴于交圆法适用性更广和算法精度更高,本研究重点基于交圆法设计领海基线外推算法。

早期的海洋划界技术主要依靠手工在纸质海图上完成,存在技术粗糙、精度低、划界结果受海图投影性质和比例尺影响大等问题^[3]。随着计算机技术的发展,目前国家海洋信息中心建立了基于地理信息系统平台的海洋划界地理信息系统,由海洋划界技术、划界方案综合评估、划界海域环境状况和海洋划界情报信息库组成^[4]。在相关研究方面,孙运道等^[5]论述确定直线基线上任一点的大地经纬度坐标的方法,并在此基础上进一步探讨领海外边界的推导思路,但其方法主要适用于局部海区;黄忠刚等^[6]建立领海基点数据库,可实现对领海基点的浏览和查询等功能;张建辉等^[3]分析国内外基于矢量方式的海洋划界技术的原理和特点;张建辉等^[7]利用高斯平均引数大地主题解算法计算点到大地线的球面距离模型,并设计基于地球椭球面模型的等比例海上划界算法;梁德清等^[8]提出通过对大地线进行加密来构造大地线平行线的算法。领海基线一般由折线组成且地球表面为球面,实际外推计算存在困难,本研究设计最短距离法和椭圆法2种算法,基于领海基线外推12 n mile领海、24 n mile毗连区和200 n mile专属经济区,并对这2种算法的优劣性进行比较,可为海域划界工作提供支持。

3 算法设计

领海基线的形状十分复杂,不是简单的直线或曲线,需手动进行初处理,主要工作是对数据进行分类,主要分为大陆主体和岛屿2个大类。一般来说,大陆的领海基线是不封闭的折线,岛屿的领海基线是封闭的折线(图1)。在1条线段部分,外推后还是平行于原来线段的1条新线段;对于2条线段相交形成的角,锐角外推后会变成一段圆弧,而钝角外推后形状不发生变化。因此,外推的难度主要集中在拐角处。

3.1 最短距离法

国家公布的领海基线都是经纬度坐标。有的国家经纬度跨度较大,经圈上的 1° 在不同纬度的距离也是不同的,因此不能按照度数计算球体上的距

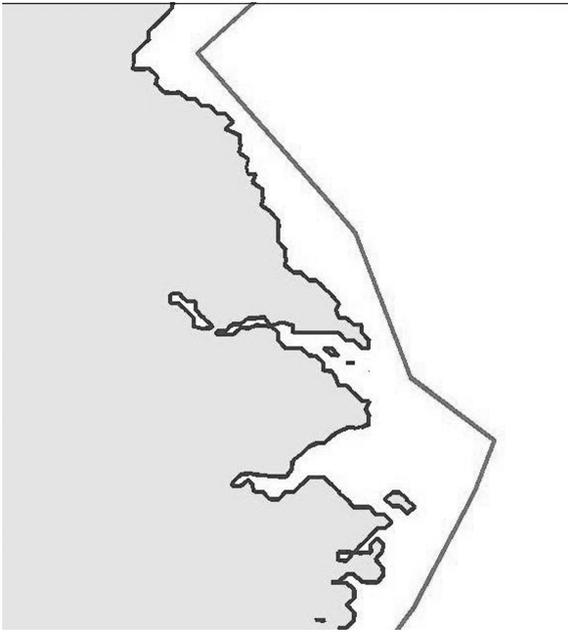


图 1 领海基线

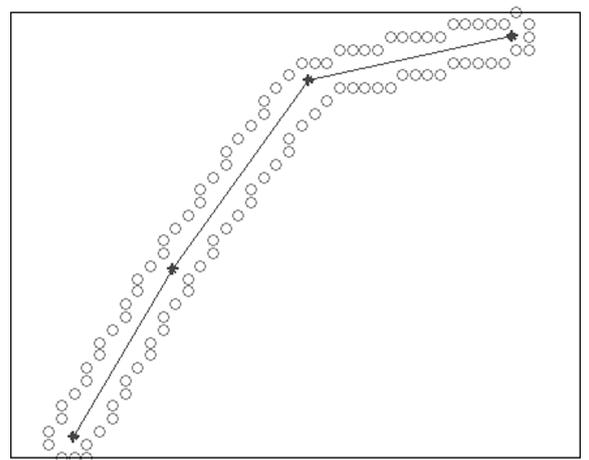


图 2 最短距离法

离。为考虑纬度变化带来的距离变化,直接利用地理距离进行计算。

算法设计为:在经纬度坐标下逐个点搜寻最短距离,从第 1 个点开始,以 12 n mile 领海为例,给出以这个点为中心的 4 条边到该点的距离都为 12 n mile 的矩形区域并作为研究区域;计算该区域所有点到该点的距离,如果距离超过 12 n mile 则该点记为 0,如果距离未超过 12 n mile 则该点记为 1;对下个点进行同样操作,直到对矩形区域内所有的点全部执行完该操作,此时就找到所有距离小于或等于 12 n mile 的点,连接这些点的外轮廓线就是最终要求的基线外推 12 n mile 得到的领海界线。

最短距离法如图 2 所示。以 4 个基点为例,为节省计算时间,选取较低的经纬度精度,图中圆圈代表外推的界线点;由于所找到的点都在网格点上,网格点的精度决定外推界线的精度。

最短距离法虽算法较为准确,但当计算精度较高时,在找 12 n mile 的线时须遍历矩形区域内的所有点,精度越高,网格点数目越多,计算量也越大。当领海基线的形状十分复杂时,所需计算量更大。

3.2 椭圆法

交圆法通过画圆的方法外推,即以基线上某些点为中心,以领海宽度为半径,向外画出一系列的

圆,这些圆之间的公切线加上圆的一部分共同组成领海的外部界线。但由于相同的距离在不同的纬度对应的度数不同,这种方法存在较大误差。为减小误差,本研究设计基于椭圆的“交圆法”。

在笛卡尔平面坐标系下,到 1 个点的距离为 12 n mile 的所有点会组成 1 个圆,而地球表面是球面,1 个经度从低纬到高纬对应的距离逐渐减小,对于外推距离来说,不同纬度对应的经度也不同,而大多数国家公布的领海基线都是经纬度数据,如果只是把距离转化为度数进行计算,对于经纬度跨度较大的国家,外推的界线就会有很大误差。因此,12 n mile 的界线不是标准的圆,而是近似于椭圆,横轴在纬圈方向上,纵轴在经圈方向上。简化算法,以椭圆近似代表到同 1 点距离相同的点的集合,对每个领海基点都画 1 个这样的椭圆,所有椭圆的外轮廓线就是外推界线。

该算法有 4 个步骤。①将每段领海基线的折线根据长度进行插值,较长的折线插 20 个点,较短的折线插 5 个点。②计算椭圆的长轴和短轴,为使最后得到的结果是经纬度格式,需在计算时把距离转换为经纬度,对于某经纬度处的基点,长轴在经圈方向上,短轴在纬圈方向上;根据球面几何关系计算出所要外推的距离在该经纬度对应的度数,同一距离在经圈上对应的度数不会发生变化,但在不同纬圈对应的度数不同。③根据每个点的经纬度和长短轴画出每个点的椭圆。④画出所有椭圆的外轮廓线,即最终要求的外推界线(图 3)。

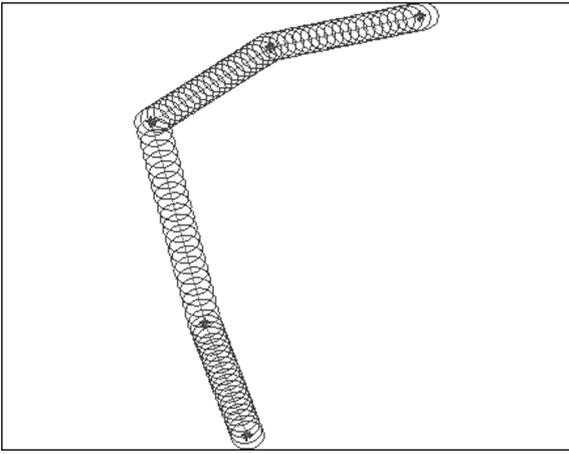


图3 椭圆法

4 计算结果和算法比较

外推 12 n mile 领海和 24 n mile 毗连区的界线基本与外推的领海基线平行,而 200 n mile 专属经济区的形状变化较大。这是因为 200 n mile 范围较广,距离受纬度影响较大,同时会出现不合理的情况,如 200 n mile 专属经济区的界线有可能会画到其他国家的陆地上。此外,大陆主体的外推界线可能与岛屿的外推界线相交,还需进一步研究确定更加合理的界线。

交圆法采用画圆的方法确定到同 1 个点距离相同的点的集合,但地球表面是球面,在二维的经纬度坐标里并不是圆。本研究设计的 2 种算法即最短

距离法和椭圆法都可解决这个问题。其中,最短距离法的优点是精度高,其精度取决于网格点精度,网格点划分得越细,越有利于找到外推界线;缺点是由于要计算每个点到基点的球面距离,计算量会随着网格精细度的提高而增大,网格划分过于精细时计算时间会很长。椭圆法的优点是计算时间短,根据地球球面的特点将圆修正为椭圆,椭圆长短轴的长度根据外推距离在不同纬度计算得到,可直接画出每个基点外推的界线,所有点的界线的外轮廓线就是最终要求的外推界线;缺点是精度较低,且虽以椭圆代替圆已减小了误差,但并没有消除误差。

参考文献

- [1] 联合国.联合国海洋法公约[Z].1983.
- [2] 张韧.气候变化与国家海洋战略:影响与风险评估[M].北京:气象出版社,2014.
- [3] 张建辉,付瑞全.基于 GIS 的海洋划界技术方法研究[J].测绘通报,2013(10):115-118.
- [4] 齐云.海洋划界地理信息系统[J].海洋信息,2000(1):4-6.
- [5] 孙运道,逢金锋.贝塞尔法确定直线领海基线坐标的算法[J].海洋开发与管理,2009,26(3):67-70.
- [6] 黄忠刚,张哲,罗容,等.海洋划界法理与领海基点信息系统建立[J].海洋测绘,2011,31(5):79-81.
- [7] 张建辉,金继业.基于地球椭球面模型的海上划界方法[J].测绘科学,2013,38(3):16-17.
- [8] 梁德清,许坚,梁开龙,等.椭球面划界技术中海域界线的生成算法研究[J].测绘工程,2002,11(3):22-24.