

研究论文

雪龙船实时航迹图中的技术处理方法

薛怀平¹ 徐汉卿² 朱建钢³ 廖小韵² 刘根友¹ 郝晓光¹

(¹ 中国科学院测量与地球物理研究所, 武汉 430077;

² 湖北省地图院, 武汉 430071;

³ 中国极地研究中心, 上海 200136)

提要 采用新编《系列世界地图》成果, 结合 GIS 和计算机网络技术, 于 2004 年 11 月首次实现了我国南极考察“雪龙”船航迹的网上实时跟踪服务。本文详细论述了“实时航迹图”的投影转换原理、图幅坐标与屏幕坐标的映射、航迹线剪裁、网上建立“实时航迹图”及利用可视化组件实现网上“实时航迹图”web 应用几个关键技术问题, 并给出了解决这些问题的具体方法。

关键词 “雪龙”船 实时航迹图 坐标映射 Web 应用 IntraWeb

2004 年 11 月 8 日, 中国极地研究中心和中国科学院测量与地球物理研究所合作, 采用《系列世界地图》新成果与 GIS 和计算机网络技术相结合, 首次成功实现了“雪龙”船的“实时航迹跟踪服务”, 并由“中国南北极信息网”向全社会发布(郝晓光等, 2005)。

1 “经线世界地图”与“纬线世界地图”的投影转换原理

目前国际上通行的世界地图有两种, 一种是以大西洋上的西经 30 经线为分割线、以东经 150 为中央经线的太平洋格局的世界地图, 中国现行的世界地图, 就是这样一种世界地图模式; 另一种是以太平洋上东西经 180 经线为分割线、以 0 经线为中央经线的大西洋格局的世界地图。它们以不同的经线为中央经线, 沿着经线方向纵向切割地球仪, 就如同将苹果纵向切开, 简称“经线世界地图”, 是一种传统的世界地图版本。而与之相对应的, 以不同的纬线为中央纬线, 沿着纬线方向横向切割地球仪, 就如同将苹果横向切开, 这就是“纬线世界地图”。

“经线世界地图”的最大变形在南、北极, 比较适用于表达东、西半球的地理关系; “纬线世界地图”的最大变形在东、西端, 比较适用于表达南、北半球的地理关系。“经线世界地图”和“纬线世界地图”的有机组合, 就形成了《系列世界地图》(郝晓光等, 2003)。

[收稿日期] 2005 年 11 月收到来稿, 2006 年 2 月收到修改稿。

[基金项目] 国家自然科学基金项目(40401053) 和国家 863 计划项目(2005AA132030XZ05) 资助。

[作者简介] 薛怀平, 男。中国科学院测量与地球物理研究所助理研究员。主要从事遥感与地理信息系统应用与研究。

[联系作者] 薛怀平, E-mail: xuehp@whigg.ac.cn。

在“经线世界地图”上,经线是子午线、纬线是平行圈;子午线相交于南、北极点。对球面坐标来说,经度 $(-180^{\circ},180^{\circ})$ 用 λ 来表示,纬度 $(-90^{\circ},90^{\circ})$ 用 φ 来表示。于是,直角坐标与经、纬度的关系为:

$$x = R \cos \lambda \cos \varphi, \quad y = R \cos \lambda \sin \varphi, \quad z = R \sin \varphi \quad (1)$$

$$\lambda = \arctg \left[\frac{z}{\sqrt{x^2 + y^2}} \right], \quad \varphi = \arctg \left[\frac{y}{x} \right] \quad (2)$$

式中 R 为地球的平均半径。

“纬线世界地图”与“经线世界地图”在概念上是对应的。在赤道上任选一点 P^+ , 其作用相当于“经线世界地图”的北极;通过 P^+ 点与球心连直线相交于赤道上的另一点 P^- , 其作用相当于“经线世界地图”的南极。“广义经度” $(-90^{\circ},90^{\circ})$ 用 λ' 来表示,“广义纬度” $(-180^{\circ},180^{\circ})$ 用 φ' 表示。在“纬线世界地图”上,“广义纬线”为“广义子午线”,“广义经线”为“广义平行圈”。广义子午线收敛并相交于 P^+ 点和 P^- 点。

为了简明表达广义经、纬度与常规经、纬度的数学关系,选点 $(\lambda = 90^{\circ}, \varphi = 0^{\circ})$ 为 P^+ 点,则点 $(\lambda = -90^{\circ}, \varphi = 0^{\circ})$ 为 P^- 点。于是,直角坐标与广义经、纬度的关系为:

$$x = R \cos \lambda' \cos \varphi', \quad y = R \cos \lambda' \sin \varphi', \quad z = R \sin \varphi' \quad (3)$$

$$\lambda' = \arctg \left[\frac{z}{\sqrt{x^2 + y^2}} \right], \quad \varphi' = \arctg \left[\frac{y}{x} \right] \quad (4)$$

$$\lambda = -\lambda', \quad y = z, \quad z = y \quad (5)$$

将式(5)代入式(1)得:

$$x = -R \cos \lambda' \cos \varphi', \quad y = R \sin \varphi', \quad z = R \cos \lambda' \sin \varphi' \quad (6)$$

将式(6)代入式(4)得:

$$\lambda' = \arctg \left[\frac{\cos \lambda' \sin \varphi'}{\sqrt{\cos^2 \lambda' \cos^2 \varphi' + \sin^2 \varphi'}} \right], \quad \varphi' = \arctg \left[\frac{\sin \varphi'}{\cos \lambda' \cos \varphi'} \right] \quad (7)$$

以上即为由常规经、纬度计算广义经、纬度的数学关系式。

将式(5)代入式(3)可得:

$$x = -R \cos \lambda' \cos \varphi', \quad y = R \sin \varphi', \quad z = R \cos \lambda' \cos \varphi' \quad (8)$$

将式(8)代入式(2)得:

$$\lambda' = \arctg \left[\frac{\cos \lambda' \sin \varphi'}{\sqrt{\cos^2 \lambda' \cos^2 \varphi' + \sin^2 \varphi'}} \right], \quad \varphi' = \arctg \left[\frac{\sin \varphi'}{\cos \lambda' \cos \varphi'} \right] \quad (9)$$

以上即为由广义经、纬度计算常规经、纬度的数学关系式。

系统管理员将经度、纬度录入到系统后,系统自动计算出图幅直角坐标 x, y , 并将它们保存在数据库中,供图幅坐标与屏幕坐标映射时调用。本系统中、精确到分,能满足在 1:3300 万的地图上显示“雪龙”船航迹的要求。 x, y 计算有效位数保留到 0.01 mm。

2 图幅坐标与屏幕坐标的映射

网上建立的“实时航迹图”采用 1:3300 万全开“南半球版世界地图”,“雪龙”船的航

点必须由地理坐标转换为地图坐标,再与屏幕坐标相映射。

1 3300 万全开“南半球版世界地图”宽 X_{max} 为 628 mm,高 Y_{max} 为 1000 mm。地图全景显示时,即缩放比例为 $Scale = 1$ 时,地图被像素化为 $X_0 = 510$ 屏幕像素(pixel), $Y_0 = 810$ pixel。若屏幕坐标为 $Screen X, Screen Y$,地图坐标为 x, y ,屏幕窗口的漫游偏移量为 ($Offset X, Offset Y$) 则:

$$Screen X = (0.5 * X_{max} - x) / W * X_0 * Scale - Offset X$$

$$Screen Y = (0.5 * Y_{max} - y) / H * Y_0 * Scale - Offset Y$$

服务器在接收到客户端地图漫游请求时的 $Scale, Offset X, Offset Y$ 后实时计算 $Screen X, Screen Y$ 。图幅坐标与屏幕坐标的映射为简单线性映射, $Screen X, Screen Y$ 计算结果整数化到像素。由一系列 $Screen X, Screen Y$ 组成的“雪龙”航迹曲线,经航迹线剪裁后返回给客户端。

3 航迹线剪裁

裁剪 (clipping) 是裁去窗口之外物体的一种操作。“雪龙”船航迹只有在我们窗口显示的部分才是有效的,窗口之外的航迹都是不可见的。因此,必须对航迹进行剪裁操作。

当前关于图形的裁剪算法较多,各有优缺点(唐泽圣,1996;孙家广,1993),在此不赘述。Cohen-Sutherland 算法的优点在于用区域检查的办法有效地识别可直接接受或直接舍弃的线段,只有不属于这两种情况的线段才算线段与窗口边线的交点,并作相应的取舍处理。

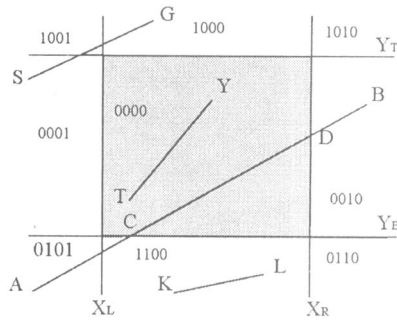


图 1 直线与窗口的关系及 Cohen-Sutherland 编码
Fig. 1. Clipping cases and Cohen-Sutherland bitcodes

Cohen-Sutherland 算法是将一平面区域分成九个子区域,每个子区域给一个 4 位二进制编码,如图 1 所示(阴影部分为窗口),其意义是: X_L, X_R, Y_B, Y_T 为窗口的四边界线。规定 Y_T 上方的第 1 位为 1, Y_B 下方的第 2 位为 1, X_L 左方的第 4 位为 1, X_R 右方的第 3 位为 1,其余为 0,显然当线段两端点的编码全为 0 时,则线段全在窗口内,直接接受。如果线段两端的 4 位编码按位进行逻辑与运算,结果非 0,则线段全在窗口之外,舍弃。否则再进行分割,即找出线段与窗口的一个边界线的交点,对交点也进行四位编码,并对线段的分段分别进行检查或接受,或舍弃,或再次分割。重复这一过程,直到完成(孙家广,

1993)。如图 1, 线段 AB, 只接受 CD 段, 其余全部舍弃。

目前“雪龙”船的航迹为每日一个位置数据, 航迹的采样率较低, 航迹线表现为简单折线, 数据量较小, 系统采用先获取所需航迹数据再裁减的办法, 降低了数据库访问次数和数据查询复杂程度, 提高了系统效率。

4 网上建立“实时航迹图”

WEB GIS(网络地理信息系统)是网络发布电子地图成熟的方法, 但 1 3300 万全开“南半球版世界地图”图层要素众多, 制图过程相当复杂, 实时计算量巨大, 本系统采用的普通服务器计算能力远不能满足要求。考虑到底图为固定图像, 故将 1 3300 万全开“南半球版世界地图”按 16 级缩放比例栅格化为不同分辨率的图片作为底图, 在其上叠加矢量航迹图的办法来发布“实时航迹图”。最高分辨率时地图的像素达到了 8160 像素 × 13008 像素, 16 级缩放操作能够清晰描述航线周围的地理环境, 同时大大减少了服务器端的计算量。

在 HTML 中并没有提供类似于线、圆、椭圆或其它非矩形的图形表现元素。Scalable Vector Graphics(SVG)是浏览器中动态绘制矢量图的不错方法, 但是目前具有 SVG 能力的浏览器或使用 SVG 插件的浏览器仍然是少数。“雪龙”船航迹是一些简单的折线, 我们利用并设置具有背景颜色的 Div(或 Layer)元素, 把这些 Div 元素缩小到与像素相似的大小, 每一个 Div 元素代表了一个像素, 然后用 Div 元素在网页上进行绘制。我们在使用这些 Div 模型来画矢量图形的时候, 要尽可能避免一些冗余的连接处, 以图 2 为例。

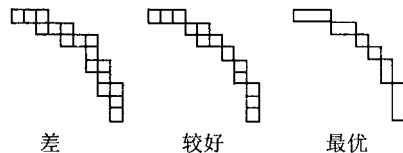


图 2 线条优化

Fig. 2. Line optimizing cases

从左至右, 仔细观察一下会发现阶梯状的每一行连接处都会有一个 Div 连接, 这个 Div 是没有用的, 应该被删除; 中间的画法已有改善, 但应该再优化一下, 以第 1 行为例: 用 3 个 Div 表现水平的 1 行是多余的, 应合为 1 个, 同样垂直方向的 Div 也应合并(例如阶梯的末尾)。在画矢量图形时为获得更好的性能, 并尽可能避免上述的一些冗余, 只用最少、最必要的 Div 元素来绘制图形。Walter Zorn 已经将此方法编写了 JavaScript 库 (<http://www.walterzorn.com/jsgraphics/jsgraphics-e.htm>)。

“雪龙”船航行资料通过“在线更新”的方式及时更新到服务器端的数据中。网络服务器 ISAPI 程序通过响应客户端请求的航迹日期和视窗范围, 将查询的航迹和相关数据返回给客户端。客户端利用 JavaScript 在 1 3300 万全开“南半球版世界地图”上以 Div 标

签方式画出“雪龙”船的航迹。航迹以不同颜色航线区分往返航程。沿航线上的一系列蓝色五星节点符号可以提示“雪龙”船每天的航行状况,具体包括经度、纬度、航向、航速、风向、风力、涌向、涌高、航行状况等资料。

5 利用可视化组件实现网上“实时航迹图”WEB 应用

常规的 WEB 应用程序直接使用系统提供的底层 API 函数构建,实现过程仍比较繁琐, IntraWeb 开发环境较好地解决了这个问题。IntraWeb 是由 Atozed Software 公司开发的网络应用程序开发包, Borland 公司将它集成到 Delphi7 及以后版本中, 2005 年底的最新版本为 8.0.x, 在 Visual Studio.NET、Delphi、C++ Builder、Kylix、Java 环境下均有相应版本, 是真正的 RAD 开发方式。IntraWeb 提供了丰富的组件, 可以完全基于以可视化方式利用这些组件来建构 Web 应用。使用这些组件的方式相当直觉, 如同以往使用 VCL 组件一样的简单, IntraWeb 能轻易地制作出包含输入表单、报表、图表等各式 Web 用户界面, IntraWeb 同样可深入管理 Web 应用程序中各项细节, 例如 cookies、session 及用户身份验证管理, 使程序员可以快速地开发出动态的服务器端 Web 应用程序(杨凯, 2003; Cantu, 2003)。

6 结语

“中国南北极信息网”(www.polar.gov.cn)自 2004 年 11 月 8 日开通“雪龙船实时航迹跟踪服务”, 至 2005 年 3 月 24 日“雪龙”船返航到达上海港, “实时航迹图”点击率达到了 3200 余人次, 至 2006 年 1 月底, 访问量突破 40000 人次, 不间断地提供了一种极地科学考察活动与社会公众沟通的新形式, 取得了良好的社会效益。

目前的航迹图在用户体验上还有一定的不足, 主要表现在(1)缩放级别不足和窗口漫游显示滞后, 在下一个版本中将采用 Google Map 的 Asynchronous JavaScript + XML (在 web 上通过 JavaScript, 使用异步的 XML Http 请求, 实现无刷新的 Web 界面, AJAX) 技术, 提供更好的用户体验。(2)目前航迹坐标数据采用“雪龙”船每日报文数据, 数据的实时性不太高, 能基本满足时事性要求。(3)“南半球版世界地图”在表现南北极区域时, 在某些方面可以弥补经线世界地图的不足, 但在通用性、可交换性及作为导航使用时的等角航线形状方面存在不足, 计划在下一版本“雪龙船实时航迹跟踪服务”中用《系列世界地图》的不同版本作底图, 发挥经线地图与纬线地图的不同优势。(4)下一版本中将容纳我国历次南极科学考察远洋航行的数据和资料, 并在《系列世界地图》上直观地表达出来, 能实现“任意浏览”、“在线更新”、“实时跟踪”、“网上发布”等功能, 将有效地提高国内有关部门与远洋轮船的沟通效率, 有效地提高全社会对极地科学考察的关注度。

参考文献

- 孙家广(1993):计算机图形学,北京,清华大学出版社,90—110。
- 杨凯(2003):Delphi7 下 IntraWeb 应用开发详解,第 1 版,北京,电子工业出版社。
- 郝晓光,朱建钢,薛怀平,徐汉卿,刘根友,廖小韵(2005):中国第 21 次南极考察雪龙船实时航迹图,极地研究,Vol. 17, No. 2, 134—138。
- 郝晓光,徐汉卿,刘根友,汪冰,薛怀平,段志强(2003):系列世界地图,大地测量与地球动力学,23(2), 111—116。
- 唐泽圣(1996):计算机图形学基础,北京,清华大学出版社,100—116。
- Cantu M(2003): Delphi 7 从入门到精通,北京,电子工业出版社。
- <http://www.walterzorn.com/jsgraphics/jsgraphics.e.htm>

THE TECHNOLOGICAL METHODS APPLYING IN THE REAL-TIME TRACKING MAP OF XUELONG SHIP

Xue Huaiping¹, Xu Hanqing², Zhu Jiangang³,
Liao Xiaoyun², Liu Genyou¹ and Hao Xiaoguang¹

¹ Institute of Geodesy and Geophysics, Chinese Academy of Sciences, Wuhan 430077, China;

² Institute of Hubei Mapping, Wuhan 430071, China;

³ Chinese Polar Research Center, Shanghai 200136, China)

Abstract

Combining the production of 'the Series of World Map' with the technique of GIS and computer network, the real-time tracking service of Xuelong Ship of Antarctic Expedition are firstly realized in November, 2004. In this article a few key questions are dissertated in detail, such as the theory of projection transformation, mapping of the map coordinates and screen coordinates, clipping of track line, of real-time track map, and the building up and applying of real-time track map on the net using visual subassembly. The concrete methods are put forward to settle these issues.

Key words Xuelong ship, real-time track map, coordinate mapping, Web application, IntraWeb.