



计算机地图制图

(第二版)

孙以义 杜 鹃 许世远 编著



科学出版社

计算机地图制图

(第二版)

孙以义 杜 鹃 许世远 编著

科学出版社

北 京

内 容 简 介

本书以地图学理论为主线介绍计算机地图制图的基本原理、程序设计方法,以及计算机地图制图的主要研究方向。旨在使读者学习到地图和计算机地图的基本概念,在计算机地图使用和开发中做到知其所以然,用正确的地图学原理指导计算机地图使用和开发实践。本书首先将 JavaScript 程序设计方法和计算机图形图像、互联网标准等作为基础知识进行了介绍。然后介绍了地图数据、地图投影、地图交互、地图符号、专题地图以及网络地图。全书共九章。其中除了第1章以外都附有完整能够运行的源程序示例。全书共有90个程序,每个程序都有详细注释和要点提示。这些程序以开放源码的BSD授权许可发布。

本书不仅适合地理学、地图学以及地理信息领域的专业人员学习和掌握计算机地图制图技术,也适合计算机程序员学习和掌握基本的地图知识。

图书在版编目(CIP)数据

计算机地图制图/孙以义,杜鹃,许世远编著.—2版.—北京:科学出版社,2015.2

ISBN 978-7-03-043494-4

I. ①计… II. ①孙…②杜…③许… III. ①地图制备自动化 IV. ①P283.7

中国版本图书馆CIP数据核字(2015)第038189号

责任编辑:文 杨/责任校对:赵桂芬
责任印制:赵 博/封面设计:迷底书装

科学出版社出版

北京东黄城根北街16号

邮政编码:100717

<http://www.sciencep.com>

新科印刷有限公司印刷

科学出版社发行 各地新华书店经销

*

2000年8月第 一 版 开本:787×1092 1/16

2015年6月第 二 版 印张:18 3/4 插页:4

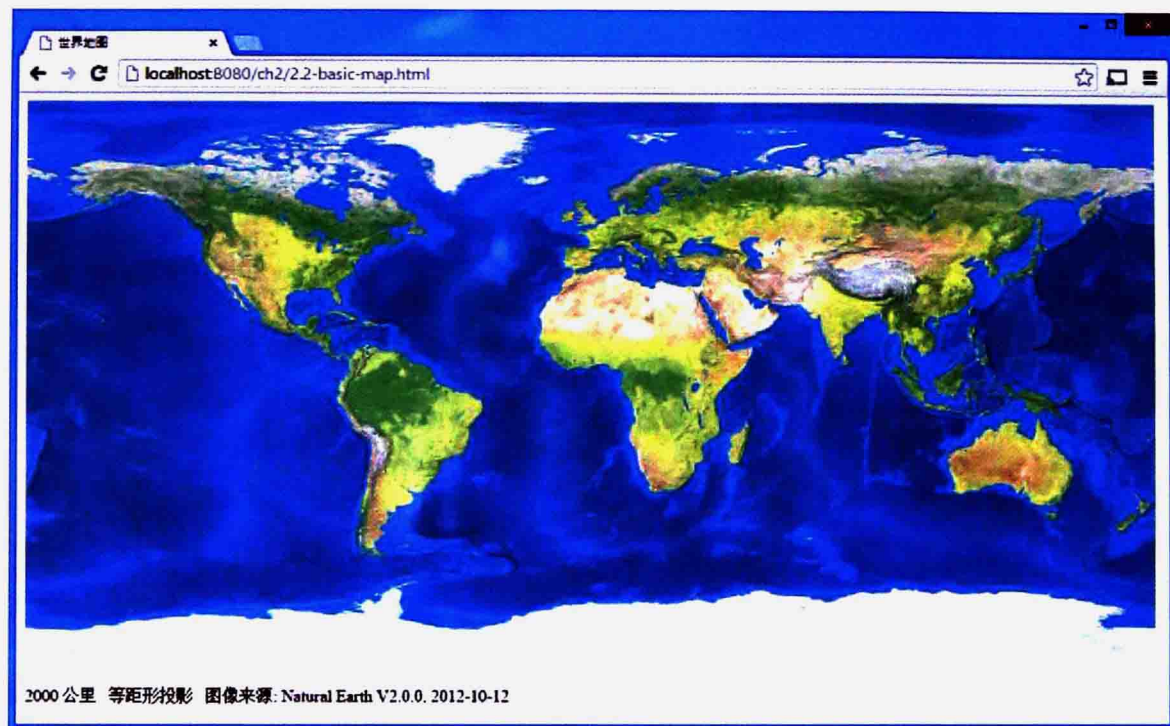
2015年6月第一次印刷 字数:445 000

定价:49.00元

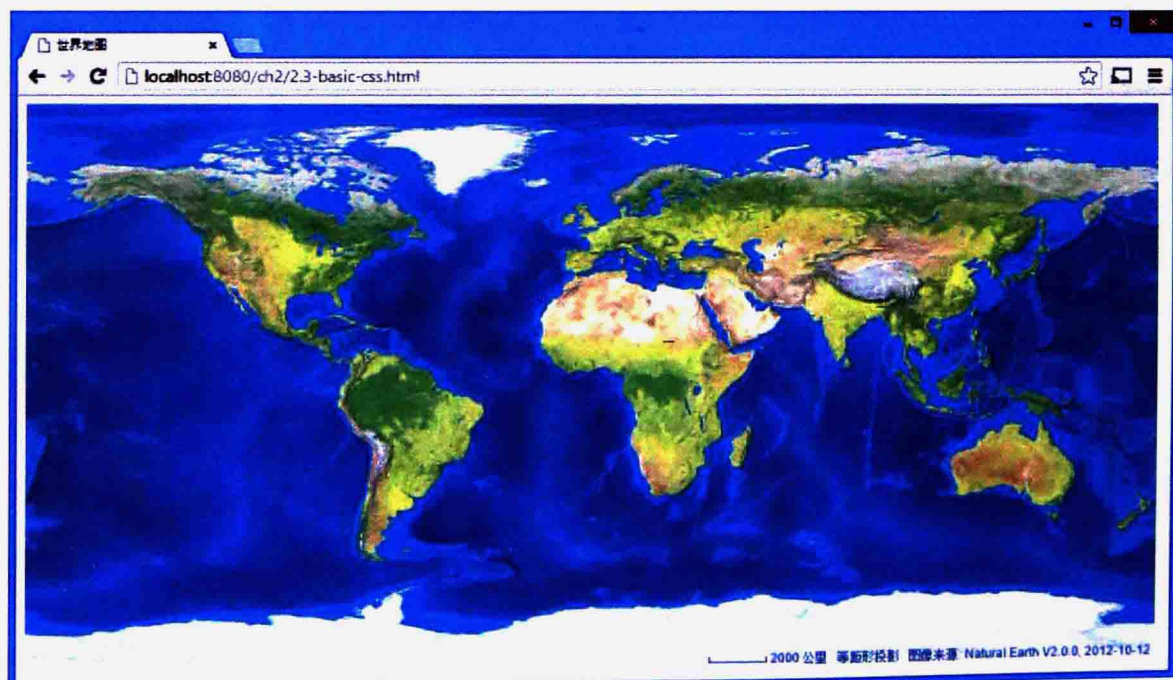
(如有印装质量问题,我社负责调换)

彩图

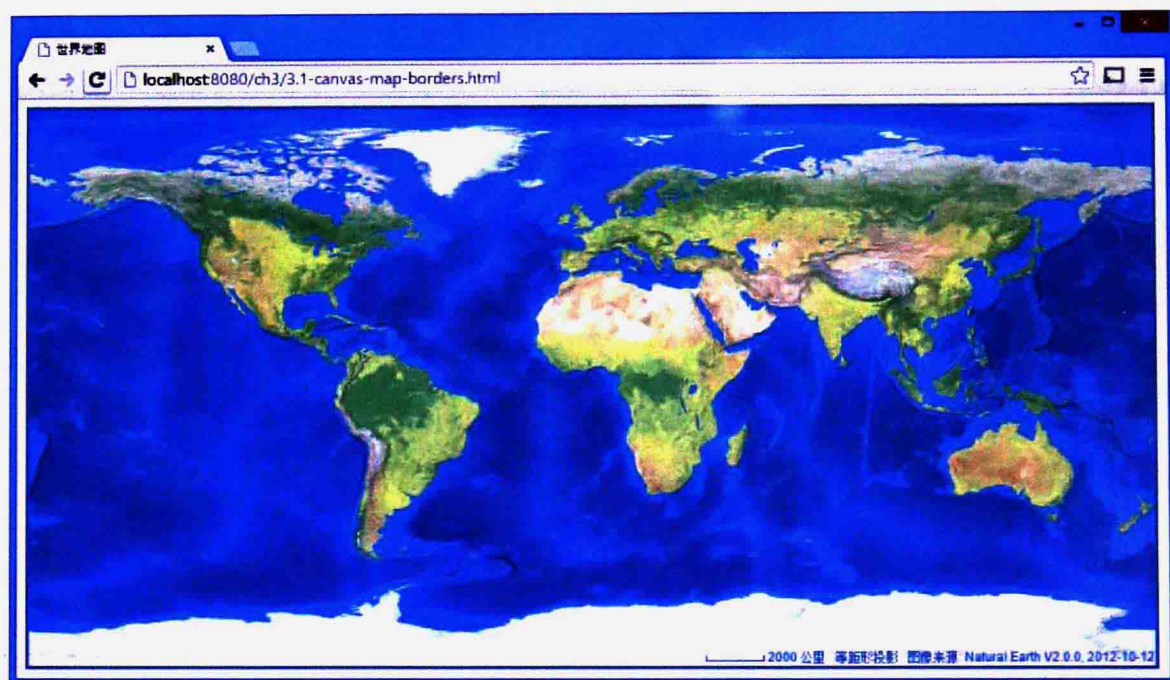
图



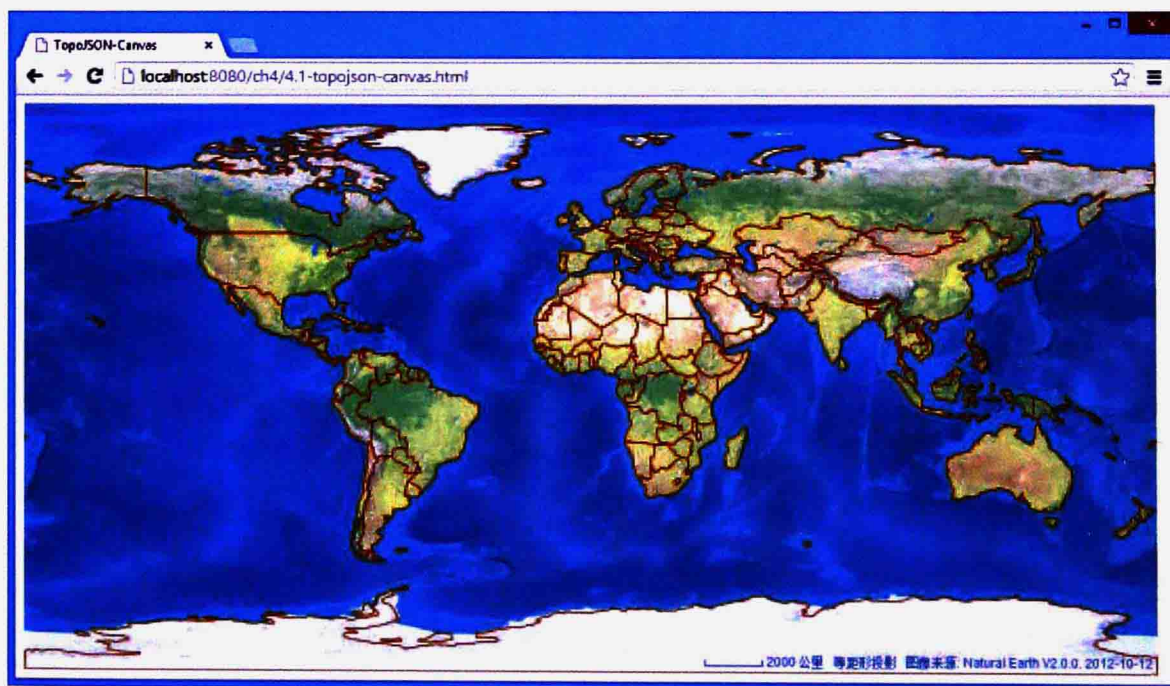
彩图1 “自然地球”的Natural Earth I 全球高程及海底晕渲图像



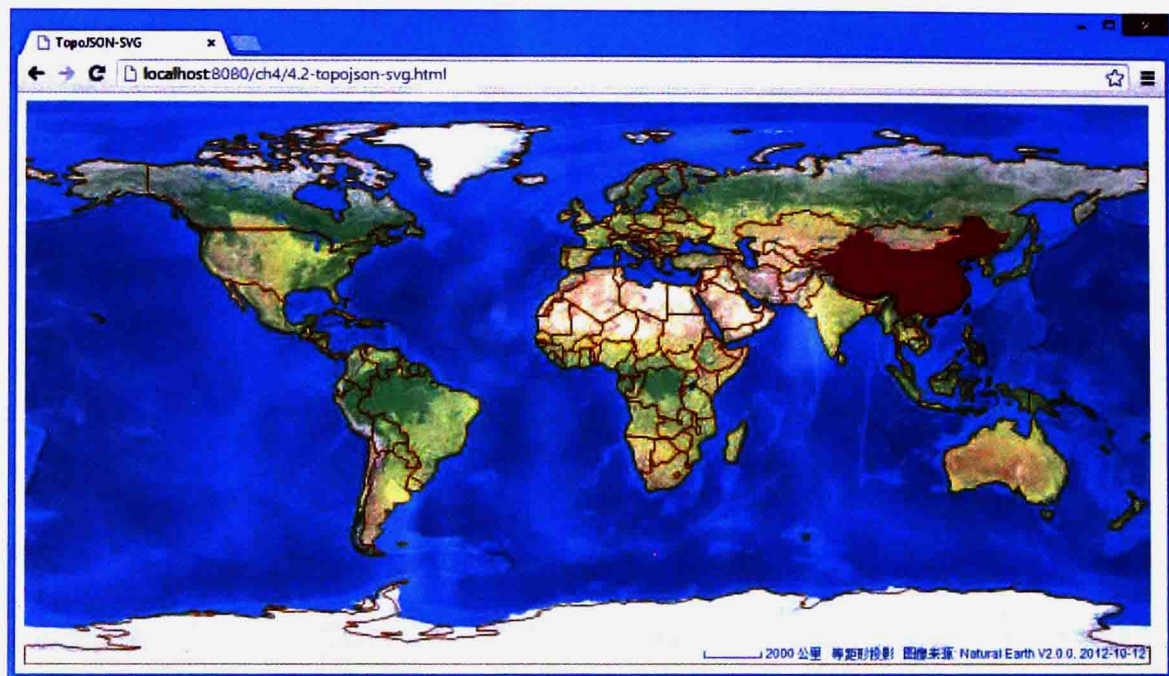
彩图2 全球高程及海底晕渲图辅助说明



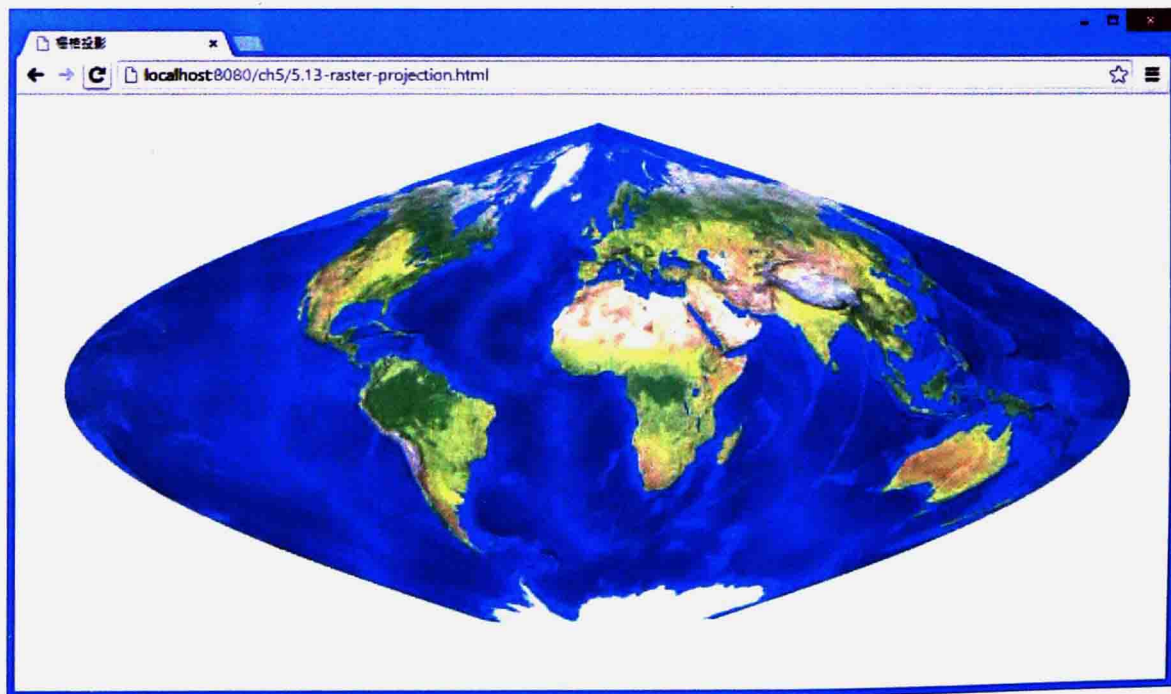
彩图3 画布地图图框



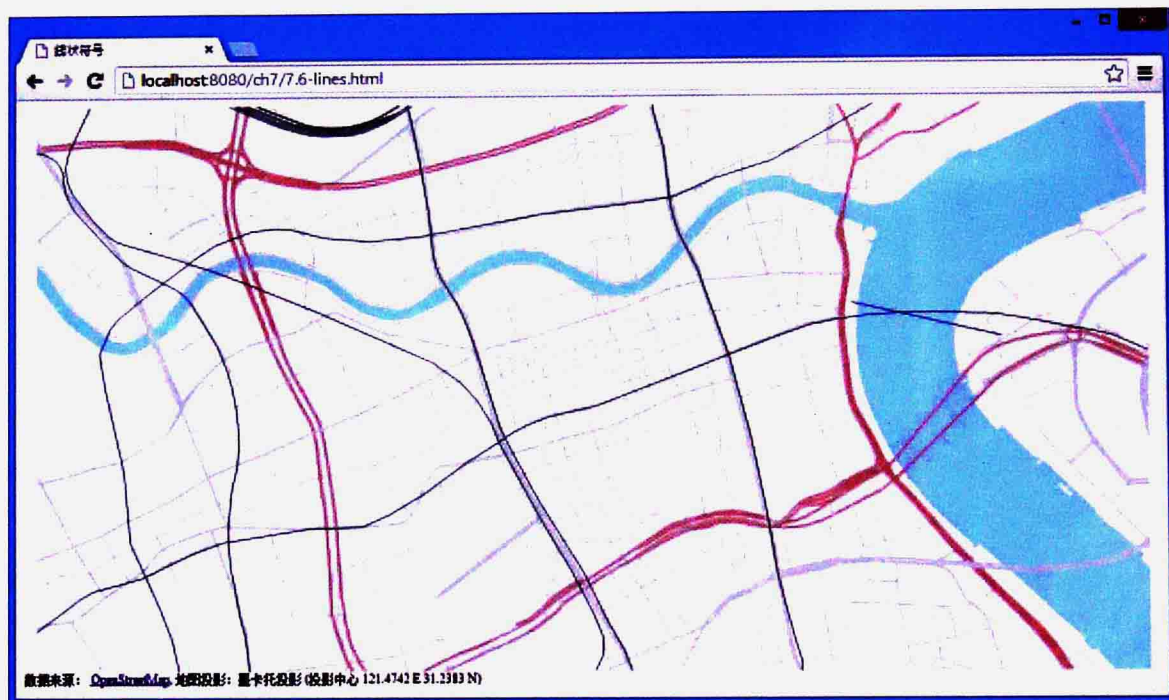
彩图4 画布地图



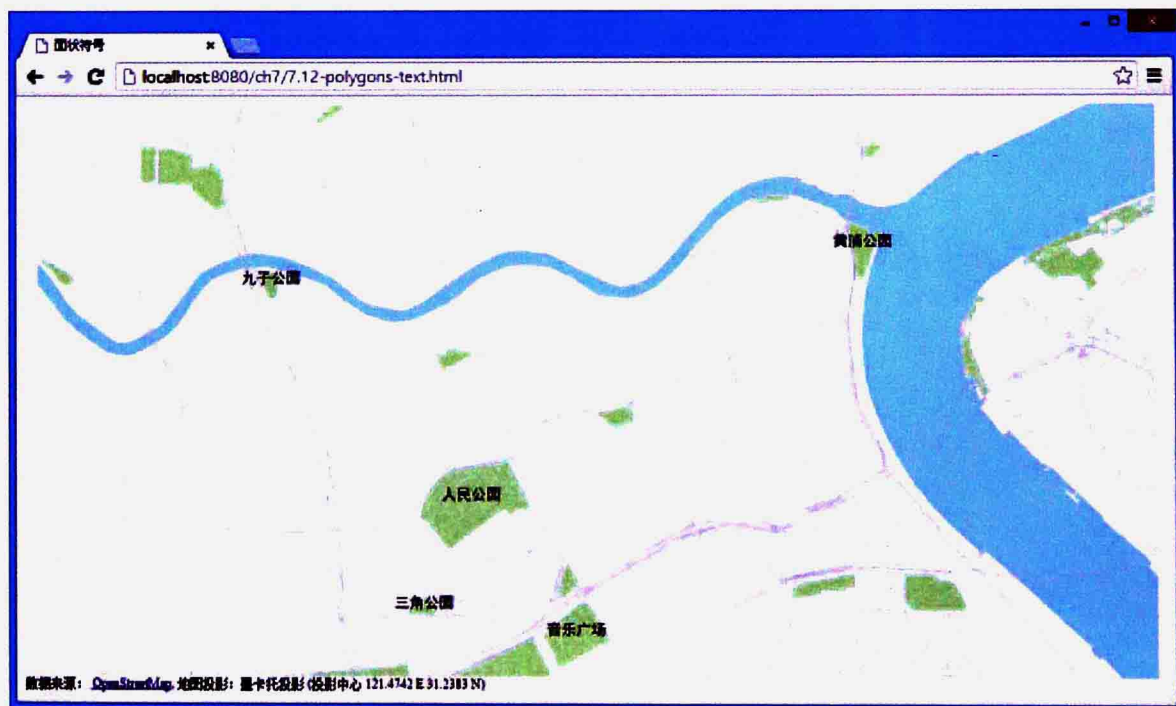
彩图5 SVG地图



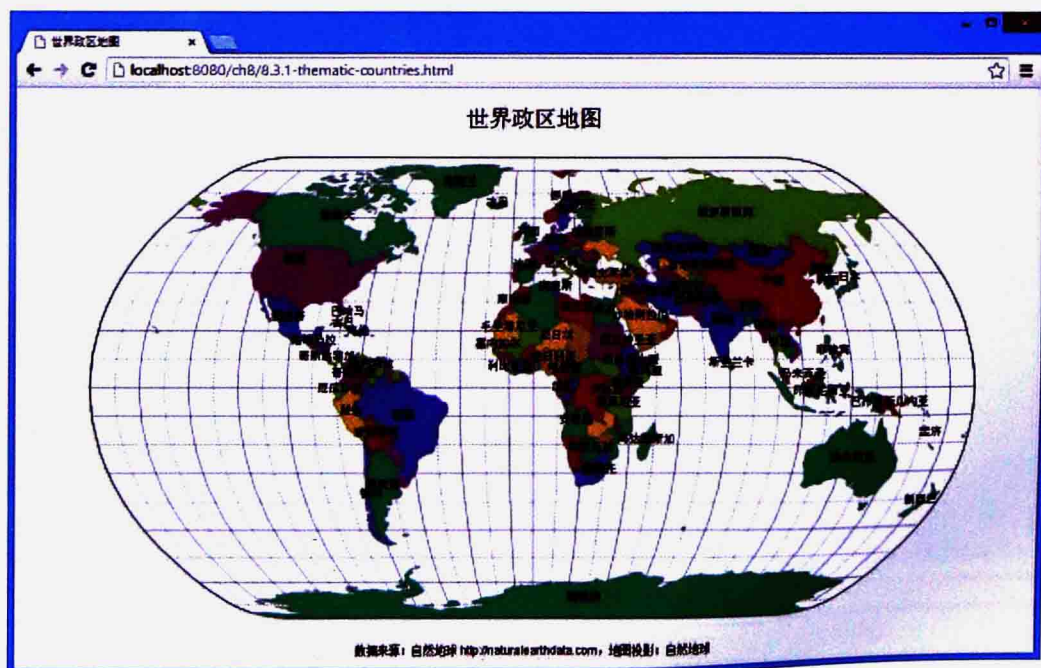
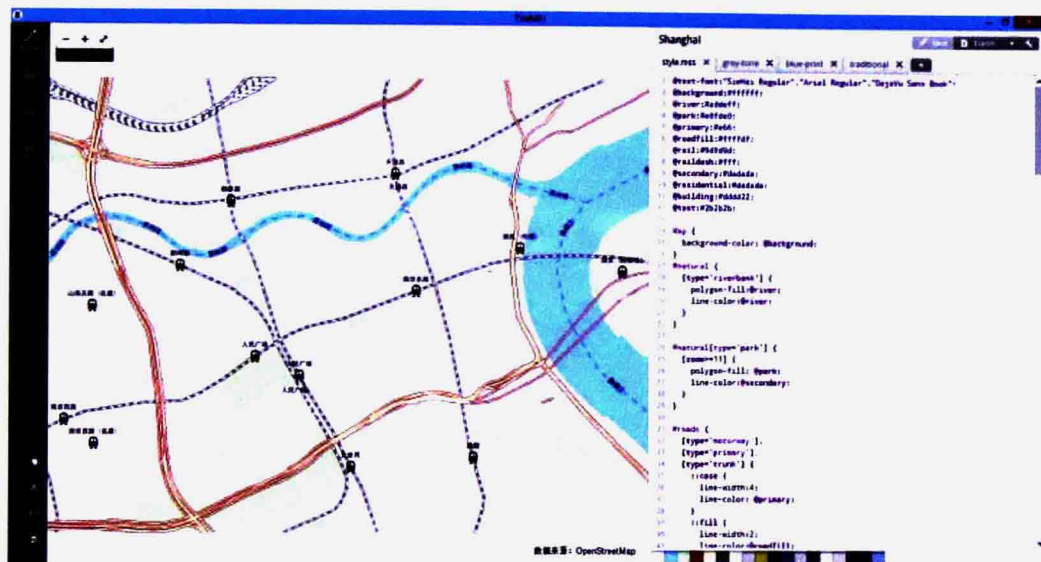
彩图6 栅格投影

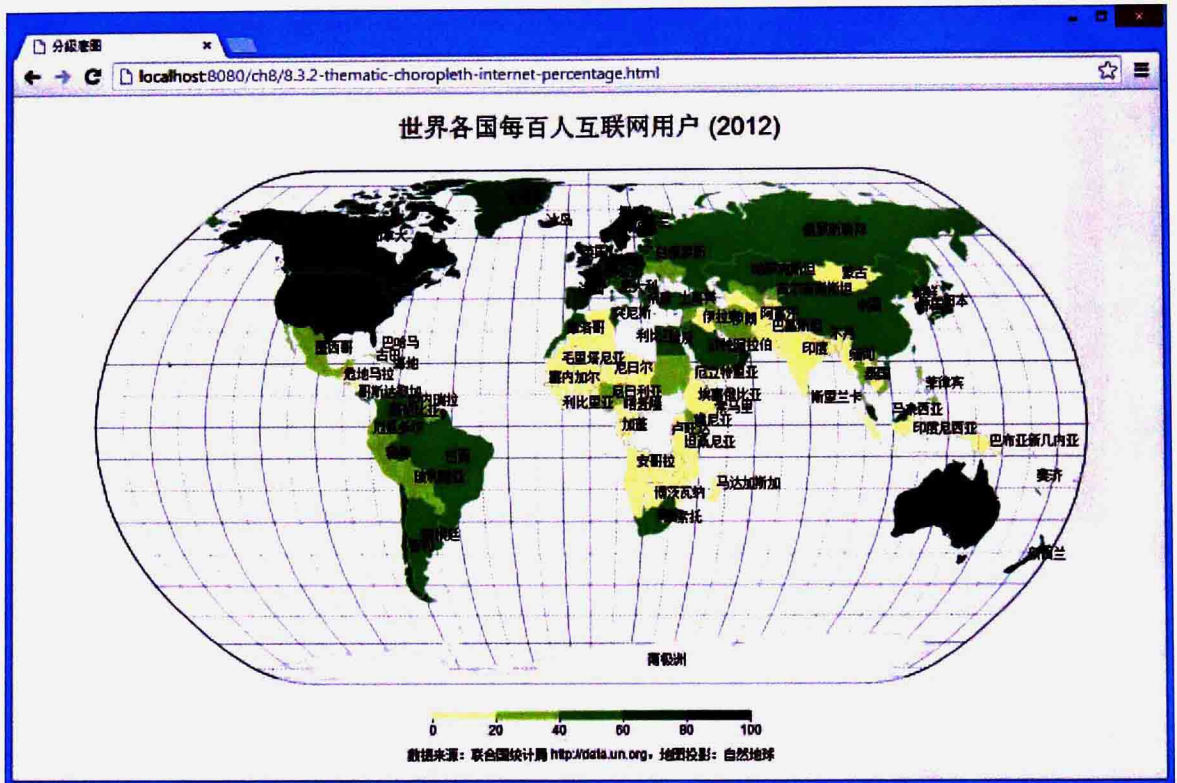


彩图7 线状符号分类



彩图8 面状地物

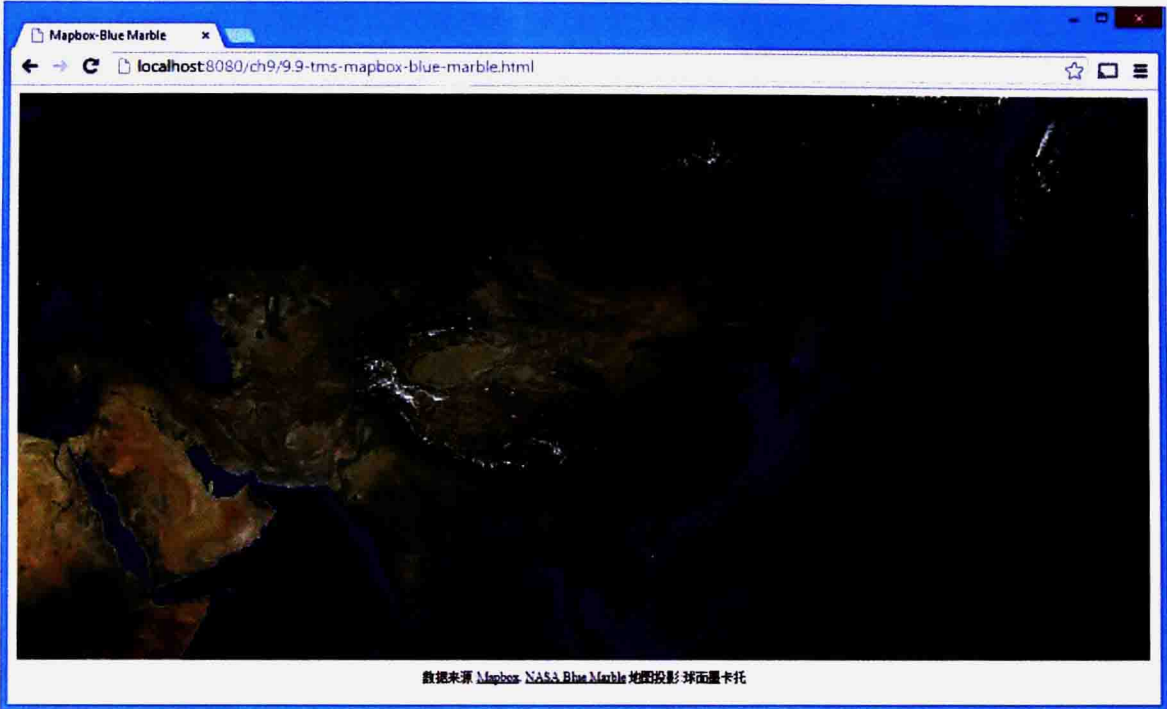




彩图13 分级地图



彩图14 “自然地球” 2 全球地形渲染图



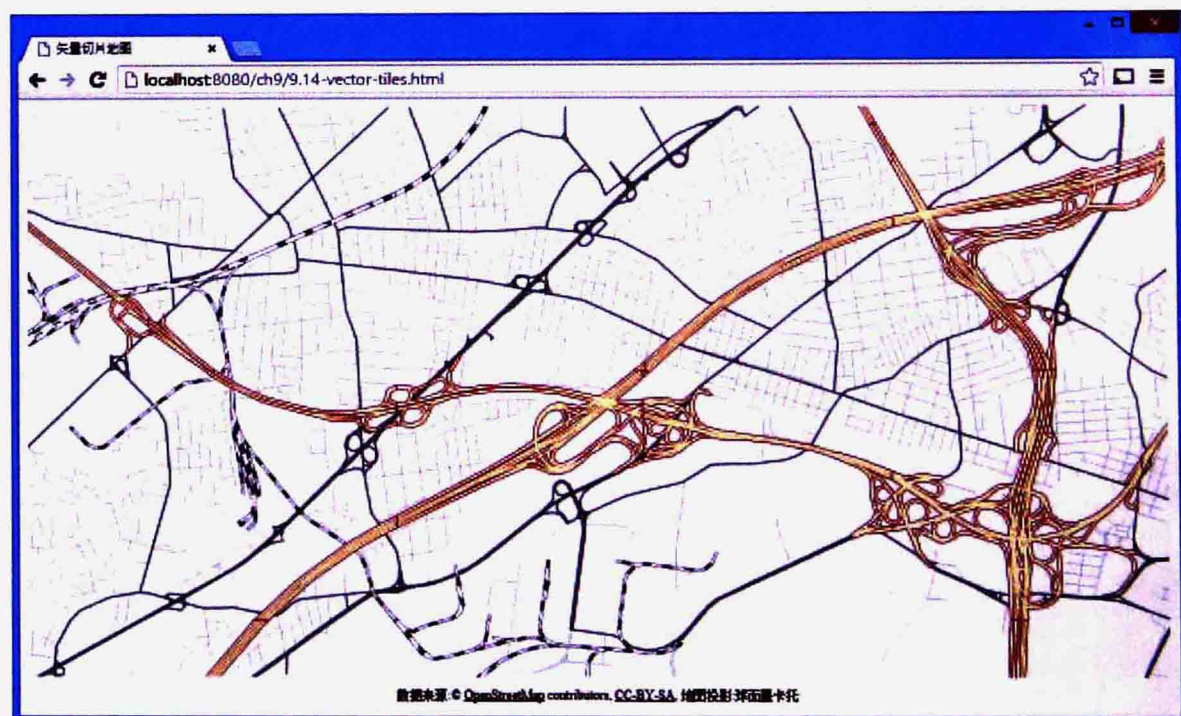
彩图15 美国国家航空航天局“蓝珠”地球影像地图图片效果图



彩图16 “天地图”地名注记与MapBox 的“自然地球”地图叠加



彩图17 叠加专题地图内容



彩图18 矢量切片地图

前 言

2000 年科学出版社出版了笔者的《计算机地图制图》一书。该书采用当时比较先进的程序设计语言介绍了计算机地图制图核心原理,是一本学习地图制图和地理信息系统的实用教材和参考书。读者对该书的反映相当不错,在出版后很长一段时间仍然收到不少读者的求购要求。然而相关领域的技术一直在不断发展中,2000 年版的《计算机地图制图》已经落伍。例如,国际著名的权威机构开放地理空间协会(Open Geospatial Consortium, OGC)推出了一系列对地理信息系统和地图产业产生深远影响的标准;2002 年美国国家航天航空局(NASA)颁布了全球真彩色卫星合成影像“蓝珠”(Blue Marble);2004 年 Steve Coast 在英国开创了 OpenStreetMap 项目;2005 年谷歌发布了谷歌地图;2006 年开源地理空间基金会(Open Source Geospatial Foundation, OSGeo)成立,开始推广开放源码的地理空间技术;2007 年 Tom Patterson 设计了新地图投影,即自然地球投影;2008 年 GeoJSON 1.0 颁布;2012 年 Natural Earth 发布了全球矢量和栅格地图数据库 2.0 版;2010 年 MapBox 推出了云地图以及开放源码的地图工具 TileMill;2012 年矢量图形技术正式成为 HTML5 标准,等等。

每当看到有关技术的更新和发展,笔者就感到有责任去更新 2000 年版的《计算机地图制图》一书,将不断更新的技术介绍给读者。2005~2006 年笔者尝试用 C#程序设计语言重新写作该书,不过没有写完和正式出版。直到 2012 年年底笔者又开始用 JavaScript 程序设计语言再次重写该书。在写作期间吸收加入了 2013~2014 年的一些最新技术,如 WebGL 和矢量切片等,最终写成了面目焕然一新的一本书。相比老版本,新书的内容彻底改头换面,涵盖的范围也极为丰富。

首先,本书是与国际接轨的地理、地图和地理信息系统等专业的教材和参考书。以地图学理论为主线,本书内容包括地图数据、地图投影、地图交互、地图符号、专题地图以及网络地图等。其中,穿插介绍了常用的地图数据源,如 NASA 全球真彩色卫星合成影像、Natural Earth 全球矢量和栅格地图数据库、OpenStreetMap 地图数据库的理和使用方法。网络地图是当今互联网时代计算机地图的主要形式,书中详细剖析它的基本原理和实现方法。除此之外,本书还介绍了当前计算机地图研究的一些前沿方向,如三维地图、栅格投影和矢量切片地图等。读者将感受到古老的地图学中蕴藏着的时代脉搏。

其次,本书可以作为计算机程序设计与数据可视化的教材和实用参考书。书中介绍了 JavaScript 程序设计技术。JavaScript 起源于 1995 年,曾经在一段时间内不被看好。但是,目前 JavaScript 已经跳出了浏览器的范畴,成为运行平台最广泛的程序设计语言。JavaScript 是

用于学习计算机程序设计的最佳语言之一。读者可以以计算机地图为实用领域学习到很多程序设计技术，包括图形图像、Web 服务器、数据分析、人机交互，以及大量的开放源码工具等。

相信本书的出版一定也会取得成功，再次受到读者的欢迎。

作 者

2014 年 12 月

目 录

前言

第1章 概述 1

1.1 地图 1

1.2 计算机地图 2

1.3 本书内容 4

1.4 本书程序 6

参考文献 7

第2章 平台和工具 8

2.1 HTML 8

2.1.1 HTML 结构 9

2.1.2 常用标签 9

2.1.3 层叠样式表 10

2.2 JavaScript 13

2.2.1 语法概要 14

2.2.2 变量 14

2.2.3 语句与表达式 16

2.2.4 操作符 17

2.2.5 数组 17

2.2.6 分支结构 18

2.2.7 函数 19

2.2.8 异常处理 20

2.2.9 对象 21

2.2.10 对象标记法 21

2.3 地图程序设计模式 22

2.3.1 公用函数 22

2.3.2 模块化 23

2.3.3 流畅接口 24

2.3.4 回调函数 24

2.3.5 文件读取 25

2.4 运行环境 27

2.4.1 浏览器 27

2.4.2 Web 服务器 28

2.4.3 浏览器外的程序 29

2.4.4 程序编辑器 30

2.4.5 程序分析工具 32

2.4.6 程序调试工具 32

本章小结 34

本章练习 34

思考题 35

参考文献 35

第3章 图形图像 36

3.1 图形图像基础 36

3.1.1 图形图像种类 37

3.1.2 图形坐标 38

3.2 画布 39

3.2.1 画布程序结构 39

3.2.2 画布绘图函数 41

3.2.3 画布图像处理 44

3.3 SVG 46

3.3.1 SVG 图形符号 47

3.3.2 SVG 图形组合 49

3.3.3 D3 工具库 50

3.3.4 SVG 与画布对比 52

3.4 WebGL 53

3.4.1 三维图形工具 54

3.4.2 地图工具 56

本章小结 58

本章练习 58

思考题 58

参考文献 58

第4章 地图数据 60

4.1 地物几何模型 60

4.1.1 点 61

4.1.2 线 62

4.1.3 多边形 62

4.1.4 多点 63

4.1.5 多线 63

4.1.6 多多边形 63

4.1.7 几何图形组合	64	5.3.3 罗宾森投影	97
4.2 地图数据格式	65	5.3.4 温克尔三重投影	99
4.2.1 Shapefile	65	5.3.5 自然地球投影	100
4.2.2 GeoJSON	65	5.4 半球地图投影	102
4.2.3 TopoJSON	67	5.4.1 正射投影	102
4.3 地图数据处理	67	5.4.2 兰勃特等角圆锥投影	103
4.3.1 下载“自然地球”数据	67	5.5 导航与大区域地图投影	105
4.3.2 安装 GDAL/OGR 工具	69	5.5.1 墨卡托投影	105
4.3.3 下载安装 TopoJSON 工具	69	5.5.2 等距方位投影	106
4.3.4 地图数据转换	70	5.5.3 卫星投影	108
4.3.5 选取地物属性	70	5.6 区域地图投影	111
4.3.6 按属性提取地物	71	5.6.1 亚尔勃斯等积圆锥投影	111
4.3.7 裁剪地物	71	5.6.2 横轴墨卡托投影	112
4.3.8 生成 TopoJSON 文件	72	5.7 栅格地图投影	114
4.4 使用地图数据绘图	73	本章小结	117
4.4.1 载入 GeoJSON 数据	73	本章练习	117
4.4.2 载入 TopoJSON 数据	73	思考题	118
4.4.3 地图坐标转换	74	参考文献	118
4.4.4 画布地图	74	第6章 地图交互	119
4.4.5 SVG 地图	77	6.1 鼠标交互	119
4.4.6 地物颜色和交互性	79	6.1.1 鼠标定位	121
本章小结	81	6.1.2 获取地物	126
本章练习	81	6.1.3 地图平移	129
思考题	81	6.1.4 地图旋转	131
参考文献	82	6.1.5 区域选取	134
第5章 地图投影	83	6.1.6 放大和缩小	138
5.1 地理坐标	83	6.2 触摸屏交互	141
5.1.1 经纬度	83	6.2.1 单触点交互	142
5.1.2 地球椭球体	84	6.2.2 多触点交互	144
5.1.3 空间参考	85	6.2.3 大圆弧线	146
5.2 地图投影	86	6.3 地理定位	148
5.2.1 地图投影概念	88	6.3.1 读取地理位置	148
5.2.2 最简单的投影	88	6.3.2 跟踪地理位置	150
5.2.3 地图投影方式	90	本章小结	151
5.2.4 地图投影误差	90	本章练习	151
5.2.5 地图投影程序	91	思考题	152
5.3 全球地图投影	93	参考文献	152
5.3.1 摩尔威德投影	94	第7章 地图符号	153
5.3.2 爱凯特投影	95	7.1 地图设计	153

7.1.1 地图数据	153	8.4 分级地图 II	225
7.1.2 地图程序	155	8.4.1 数据处理	225
7.2 点状符号	160	8.4.2 等距分级	227
7.2.1 符号参数	161	8.4.3 按统计特征分级	227
7.2.2 图标符号	163	8.5 定点符号地图	230
7.2.3 文字注记	167	8.5.1 数据处理	230
7.3 线状符号	173	8.5.2 符号定位	232
7.3.1 符号参数	173	8.5.3 图表定位	236
7.3.2 花线符号	176	本章小结	241
7.3.3 双线符号	177	本章练习	241
7.3.4 铁路符号	181	思考题	241
7.3.5 文字注记	187	参考文献	242
7.4 面状符号	191	第9章 网络地图	243
7.4.1 符号参数	192	9.1 切片地图原理	243
7.4.2 图像填充	195	9.1.1 切片地图结构	243
7.4.3 文字注记	198	9.1.2 切片地图比例尺	245
7.5 TileMill 地图符号	201	9.1.3 切片地图投影	247
7.5.1 地图层	202	9.1.4 地图片编号	248
7.5.2 载入地图层	203	9.2 地图片	251
7.5.3 制作地图符号	203	9.2.1 制作地图片	251
本章小结	210	9.2.2 提取地图片	252
本章练习	210	9.2.3 发布地图片	253
思考题	210	9.3 切片地图开发	254
参考文献	211	9.3.1 切片地图函数	254
第8章 专题地图	212	9.3.2 地图片定位	255
8.1 专题地图设计	212	9.3.3 显示本地地图片	257
8.1.1 程序设计	212	9.3.4 显示网络地图片	260
8.1.2 地图色彩	213	9.3.5 地图交互	269
8.2 分类地图	214	9.3.6 信息叠加	271
8.2.1 地图分类	214	9.4 矢量切片地图	274
8.2.2 地名注记	215	本章小结	279
8.2.3 地图绘制	217	本章练习	280
8.3 分级地图 I	219	思考题	280
8.3.1 地物分级	219	参考文献	280
8.3.2 地图绘制	221	附录 本书示例程序列表	281
8.3.3 图例绘制	221	索引关键词	284
8.3.4 完整程序	222	彩图	

第1章 概述

地图 (map) 是一种信息表达工具。人们用地图表现和传达自然及社会经济现象的地理分布。地图被广泛地应用在经济建设、国防、商业、环境保护、科学研究、文化娱乐和日常生活中。地图具有悠久的历史。千百年来传统的地图以纸张为介质, 而现代计算机技术给人们带来了计算机地图。计算机地图已经成为人们最主要使用的地图形式。计算机地图包括地理信息系统中的地图, 从互联网上获取的地图, 以及各种移动设备上的地图等。

地图学 (cartography) 是研究地图理论、编制技术与应用方法的学科。伴随着地图的悠久历史, 地图学形成了一套理论体系和方法总结指导着地图制图。当计算机能够显示出上百种色彩、能够超过纸张印刷精度、能够进行交互操作连续移动和动态缩放、能够产生三维图形和动画等形式的计算机地图时, 地图和地图学迎来了机遇和挑战。即如何在传统地图理论体系中纳入计算机地图制图技术。

1.1 地图

地图可以粗略地定义为描述地球表面的事物和现象分布情况的图。按照粗略的地图定义, 远古人类外出狩猎和劳动中把山峰、河流、森林和道路等画出来的图即可被视作地图的起源^①。公元前 6200 年土耳其 CatalHyük 地区出现了一些描述街道、房屋以及周围的火山等壁画^②。公元前 2300 年古巴比伦地区刻在陶片上的地图画有三条河、两个城市和两条山脉等。古巴比伦陶片上的地图用简洁明了的图形方法非常形象地描绘出了两个城市及其周围的地理环境。直到现代人的生活中人们还是用类似的抽象化的图形方法绘制地图。

古代地理学的主要研究对象是地球的绘图与勘查^③。为了对已知的地理区域和环境进行描述, 古代地理学家必须进行测量和绘制地图。对地球和地物进行比较科学的测量历史可以追溯到古埃及时代。古希腊数学家、地理学家、天文学家埃拉托斯特尼 (Eratosthenes, 公元前 276 年~公元前 194 年) 于公元前 240 年在亚历山大城和赛尼城 (Syene, 今阿斯旺) 间的大地上进行测量工作。他计算出地球的直径并提出了利用经纬网来绘制世界地图, 开创了应用数学基础的地图时代^④。当时人们已经认识到地球是球形, 即地圆说逐渐兴起。约 50 年后古希腊的天文学家喜帕恰斯 (Hipparchus, 公元前 190 年~公元前 120 年) 创造出用经纬度测量确定地物在地球上位置的方法^{⑤⑥}。由经度与纬度组成的一个坐标系统, 称为地理坐标系 (geographic coordinate system)。地理坐标系又称经纬度系统。

① <http://www.phil.uni-passau.de/histhw/tutcarto/english/index-frames-en.html>

② <http://www-history.mcs.st-and.ac.uk/PrintHT/Cartography.html>

③ <http://baike.baidu.com/view/35670.htm>

④ http://en.wikipedia.org/wiki/History_of_longitude

⑤ <http://en.wikipedia.org/wiki/Hipparchus>

⑥ http://en.wikipedia.org/wiki/History_of_geodesy