



国家自然科学基金(41871305)资助
国家重点研发计划(NO.2017YFC0602204)资助
中国地质大学(武汉)研究生精品教材建设项目资助
中国地质大学(武汉)实验技术研究项目资助
中国地质大学(武汉)实验教学系列教材

插件式GIS应用框架 开发与并行计算实践

CHAJIANSHI GIS YINGYONG KUANGJIA KAIFA YU BINGXING JISUAN SHIJIAN

陈占龙
吴亮
周林
江宝得

◎ 编 著



中国地质大学出版社
ZHONGGUO DIZHI DAXUE CHUBANSHE

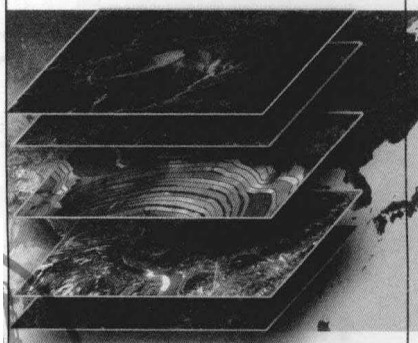


国家自然科学基金(41871305)
 国家重点研发计划(NO.2017YFC0602204) 页 10
 中国地质大学(武汉)研究生精品教材建设项目资助
 中国地质大学(武汉)实验技术研究项目资助
 中国地质大学(武汉)实验教学系列教材

插件式GIS应用框架 开发与并行计算实践

CHAJIANSHI GIS YINGYONG KUANGJIA KAIFA YU BINGXING JISUAN SHIJIAN

陈占龙
 吴亮
 周林
 江宝得
 ◎ 编 著



图书在版编目(CIP)数据

插件式 GIS 应用框架开发与并行计算实践/陈占龙等编著. —武汉:中国地质大学出版社, 2019. 1

ISBN 978 - 7 - 5625 - 4532 - 3

I. ①插…

II. ①陈…

III. ①地理信息系统-软件开发-高等学校-教材 ②地理信息系统-并行算法-高等学校-教材

IV. ①P208

中国版本图书馆 CIP 数据核字(2019)第 074927 号

插件式 GIS 应用框架开发与并行计算实践

陈占龙 等编著

责任编辑:彭琳

责任校对:徐蕾蕾

出版发行:中国地质大学出版社(武汉市洪山区鲁磨路 388 号)

邮政编码:430074

电话:(027)67883511

传真:(027)67883580

E-mail:cbb@cug.edu.cn

经销:全国新华书店

http://cugp.cug.edu.cn

开本:787 毫米×1092 毫米 1/16

字数:390 千字 印张:15.25

版次:2019 年 1 月第 1 版

印次:2019 年 1 月第 1 次印刷

印刷:武汉市籍缘印刷厂

ISBN 978 - 7 - 5625 - 4532 - 3

定价:52.00 元

如有印装质量问题请与印刷厂联系调换



中国地质大学(武汉)实验教学系列教材

编委会名单

主任:刘勇胜

副主任:徐四平 殷坤龙

编委会成员:(按姓氏笔画排序)

文国军 朱红涛 祁士华 毕克成 刘良辉

阮一帆 肖建忠 陈刚 张冬梅 吴柯

杨喆 金星 周俊 章军锋 龚健

梁志 董元兴 程永进 窦斌 潘雄

选题策划:

毕克成 李国昌 张晓红 赵颖弘 王凤林

前 言

地理信息系统(GIS)作为一种特定的空间信息系统,结合了测绘学、地理学和计算机科学等多门学科,在全球范围内已经进入了迅速发展阶段。GIS已经广泛应用于各个行业领域,并且日益凸显其重要性。为了在项目中更加方便地使用GIS,国内外GIS软件厂商先后研发了GIS开发平台,基于这些平台进行二次开发,进而使GIS资源利用最大化。通过提供插件的方式来增加GIS软件的功能,有利于实现功能重用和快速集成。

MapGIS 10.2是中地数码集团推出的自行研发的国产大型地理信息系统平台。MapGIS的传统GIS软件延续了MapGIS K9,提供了更快捷、更精细、更易用的地图制图服务,是升级的新一代的GIS产品。MapGIS 10.2 Desktop桌面平台,提供了空间数据管理、矢量化、数据编辑处理、分析统计、三维建模、布局输出等功能,还针对不同的业务需求,提供可定制的应用服务,完成复杂GIS分析任务并辅助决策。它在全面的数据支持与管理、专业的地图制图工具、高效的空显示与分析能力、全空间三维表达与分析和便携的云端共享能力方面较之前的版本都得到了不同程度的提升。

本书以MapGIS 10.2 Desktop桌面平台为例,详细介绍了插件式GIS应用开发。笔者从基本的概念入手,结合整个框架体系,站在学生的角度,针对工程的实际应用,将功能与实例相结合,并且在后面的章节中介绍了GIS中的并行计算及实践,有助于读者进行实践操作学习,进而掌握插件式GIS和高级GIS算法的开发技能。

全书共分为八章。第1~2章是基础知识,主要介绍桌面GIS的开发以及MapGIS的框架插件体系。第3~5章是基本操作,主要介绍了空间数据管理、地图工作空间、地图制图与可视化的相应操作及实例,建议初学者认真学习该部分内容。第6~7章是并行计算的基础知识,主要介绍了并行计算的开发环境和设计原理,用于后文中GIS在并行环境中的算法实践。第8章是GIS空间分析并行算法实践,主要介绍了空间运行的并行策略和一些算法实例。读者在认真学习完本书并掌握了本书的内容后,相应的GIS开发能力会有一定提升。

参与本书撰写的老师有吴亮、周林、江宝得等,他们都长期从事GIS软件的研究与应用开发,具有丰富的理论基础与实践经验;罗笑笑、徐旭伟、董宇璇等对各章节的文稿和代码进行了反复的检查和测试,以保证本书的完整性和准确性。

由于时间仓促,作者们的水平有限,书中难免有疏漏或错误,欢迎广大读者批评指正,以利改进。

编著者

2019年1月

目 录

第 1 章 桌面 GIS 开发基础	(1)
1.1 桌面 GIS 平台概述	(1)
1.2 桌面 GIS 开发资源介绍	(1)
1.3 桌面 GIS 开发方式	(7)
1.4 桌面 GIS 开发环境搭建	(10)
1.5 MapGIS Object 二次开发	(12)
1.6 MapGIS 插件式二次开发	(18)
第 2 章 MapGIS 框架插件体系	(28)
2.1 框架与插件	(28)
2.2 宿主应用程序	(37)
2.3 框架通信契约——框架接口	(49)
2.4 插件容器	(71)
第 3 章 空间数据管理	(80)
3.1 空间数据源管理	(80)
3.2 空间数据库管理	(83)
3.3 空间参考系管理	(89)
3.4 系统库管理	(95)
3.5 空间数据转换	(101)
3.6 空间数据目录树	(116)
第 4 章 地图工作空间	(127)
4.1 地图文档	(127)
4.2 地图基本操作	(131)
4.3 地图图层	(133)
4.4 工作空间树	(139)
第 5 章 地图制图与可视化	(142)
5.1 地图文档	(142)
5.2 图形显示	(147)

5.3	地图制版	(152)
5.4	制图打印输出	(158)
第 6 章	并行计算开发环境	(163)
6.1	网格计算	(163)
6.2	云计算	(168)
6.3	分布式计算	(170)
6.4	多核计算	(172)
6.5	MPI 编程	(173)
6.6	OpenMP 共享内存编程计算	(178)
第 7 章	并行算法设计原理	(182)
7.1	基础知识	(182)
7.2	分解方法	(183)
7.3	负载均衡	(190)
7.4	并行计算模型	(192)
7.5	并行任务调度器	(194)
第 8 章	GIS 空间分析并行算法实践	(201)
8.1	空间运算的并行策略	(201)
8.2	并行空间叠置计算	(207)
8.3	基于平面图模型的矢量 buffer 并发算法	(212)
8.4	基于排序边表的多边形并行裁剪算法	(217)
8.5	并行字符串匹配算法	(221)
8.6	并行多边形合并算法	(223)
8.7	多边形自动拓扑构建并行算法	(230)
主要参考文献		(236)

第 1 章 桌面 GIS 开发基础

1.1 桌面 GIS 平台概述

桌面地理信息系统(桌面 GIS),就是运行于计算机桌面上的地理信息系统。但也有人认为,桌面地理信息系统是不以专门的地理信息工程为目标,而是通过地图界面查询各种信息并融合常用地理分析技术的信息系统。我们将详细介绍常见的 GIS 桌面软件平台如 ArcGIS、MapGIS、SuperMap 等。

1.1.1 ArcGIS

ArcGIS Engine 是美国 Esri 公司(Environmental Systems Research Institute,环境系统研究所)在 2004 年推出的用于开发 C/S(客户端-服务器)架构地理信息系统(GIS)应用软件的工具包,它是将用于构建 ArcGIS 一整套产品的组件库——ArcObjects 的部分功能进行封装而成的一个独立的软件产品,目的是使开发人员能够快速、方便地开发出自定义的 GIS 桌面应用程序。

1.1.2 MapGIS

MapGIS 是中国地质大学信息工程学院、武汉中地信息工程有限公司自行研发的大型地理信息系统软件平台。2014 年,MapGIS 10.2 Desktop 桌面平台提供了空间数据管理、矢量化、数据编辑处理、分析统计、三维建模、布局输出等功能,能够针对不同的业务需求,提供可定制的应用服务,完成复杂 GIS 分析任务并辅助决策。

1.1.3 SuperMap

SuperMap 是北京超图软件股份有限公司开发的、具有完全自主知识产权的大型地理信息系统软件平台。SuperMap iDesktop 桌面 GIS 平台提供企业版、高级版和标准版三个版本,具备二、三维一体化的数据处理、制图和分析等功能,支持访问在线地图数据服务,支持发布数据服务到 Web 服务器,支持 .NET 环境的插件式扩展开发,定制行业应用系统。

1.2 桌面 GIS 开发资源介绍

当人们学习任何一个软件或开发语言时,最丰富的资料支持系统便是它的帮助系统,帮助

系统是 GIS 开发初学者及熟练者需要经常使用的基本资源,其中包含了大量的示例代码、技术文档和对象模型图等。下面将详细介绍 ArcGIS、MapGIS、SuperMap 的开发资源。

1.2.1 ArcGIS

基于 ArcGIS Engine 的开发除了可以使用自带的帮助系统外,还有很多可以利用的开发资源,如 Esri 公司提供的资源库、各种网络论坛等。

1.2.1.1 帮助文档

ArcGIS Engine 的随机文档是主要的帮助系统,它除了提供类库、接口、类等 ArcObjects 组件的详细说明外,还提供了大量的示例代码,很多时候将这些代码简单修改一下便可使用。当安装 ArcGIS Engine 软件之后,单击“开始”→“所有程序”→“ArcGIS”→“Developer Help”→“ArcObjects Help for .NET”,即可启动 ArcObjects 的帮助系统,如图 1-1 所示。

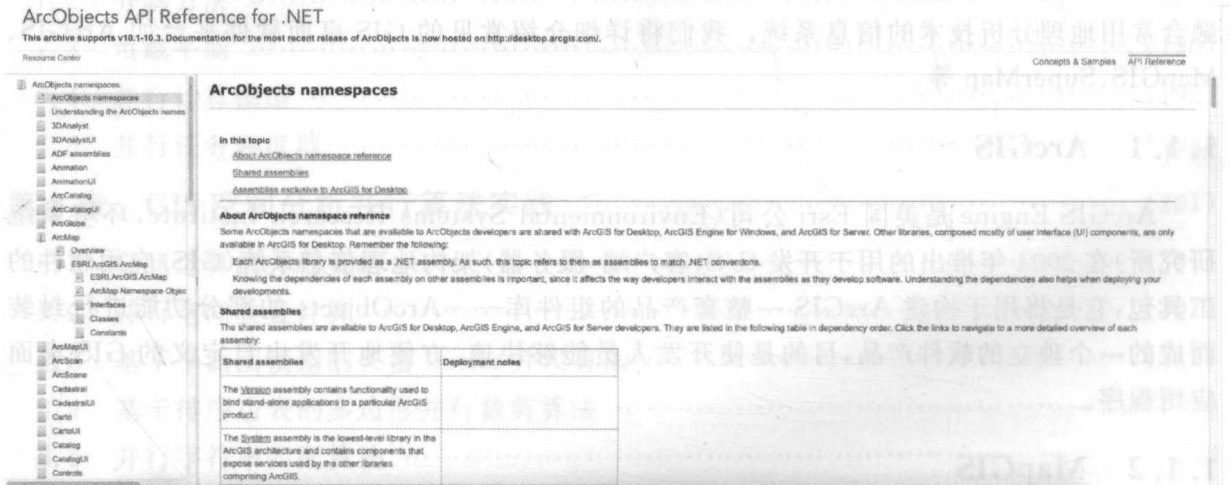


图 1-1 ArcObjects 的帮助系统

开发人员可以在此帮助系统中方便地查找相关接口、属性、方法的使用说明及其适用范围,同时文档中通常还包含一些代码示例片段,是编写程序时必不可少的参考工具。

1.2.1.2 自带示例

在安装完 ArcObjects SDK 后,在“... \ Program Files \ ArcGIS \ DeveloperKit\O. 0 \ Samples”文件夹下包含有许多自带的代码示例工程,这些都是开发人员学习 ArcGIS Engine 开发的资源。

1.2.1.3 在线帮助

Esri 公司建立了类似于 Microsoft MSDN 的网站,名称为 ArcGIS Resources,提供 ArcGIS 系列软件的使用说明,中文版网址为 <http://resources.arcgis.com/zh-CN/help/>。这里提供最新版的 ArcGIS 软件使用帮助,基于不同平台、不同方式的二次开发帮助等,内容非常丰富。

1.2.1.4 网上资源

经常浏览相关网页和论坛,学习他人的开发经验,逐步积累开发知识并试着回答他人问题是成为一名优秀程序员和软件设计师、架构师的重要途径。ArcGIS 开发方面的网上资源主要有:

(1)地理信息网(<http://www.gisie.net>)是目前国内学习 ArcGIS 软件及开发的最好的网站之一,其内容丰富、资料权威,有博客、论坛、Esri 公开课等资料,特别是其中的 Esri 技术公开课包括很多新知识,当然不仅仅是编程方面的新知识,还包括软件使用等方面的新进展。

(2)Esri 中国官方网站(<http://www.esrichina.com.cn>)是学习 ArcGIS 平台系列软件需要经常访问的网站,这里不仅有关于 ArcGIS 平台各类产品的介绍,还有行业新闻、市场活动、教育培训等各类信息,有助于读者快速了解行业热点,把握行业脉搏。

(3)GIS 空间站(<http://www.gissky.net>)为国内创立较早和内容较丰富的 GIS 网站。

(4)3Snews 网站(<http://www.3snews.net>)是国内全方面解读、报道 GIS 行业新闻与产品的综合性网站,建议读者经常浏览,及时掌握行业信息,了解行业发展信息。

1.2.2 MapGIS

MapGIS 的桌面开发技术已经相对成熟,除自带的开发示例外,还可以方便查找各种资源。

1.2.2.1 帮助文档

MapGIS API 面向所有用户,教会用户如何使用联机帮助,如何快速地获取资源,包含快速入门、开发指南、程序员参考、示例资源库等多种内容。只需要有开发的基础,就可以很快进入到 MapGIS 的开发中去。其主界面如图 1-2 所示。

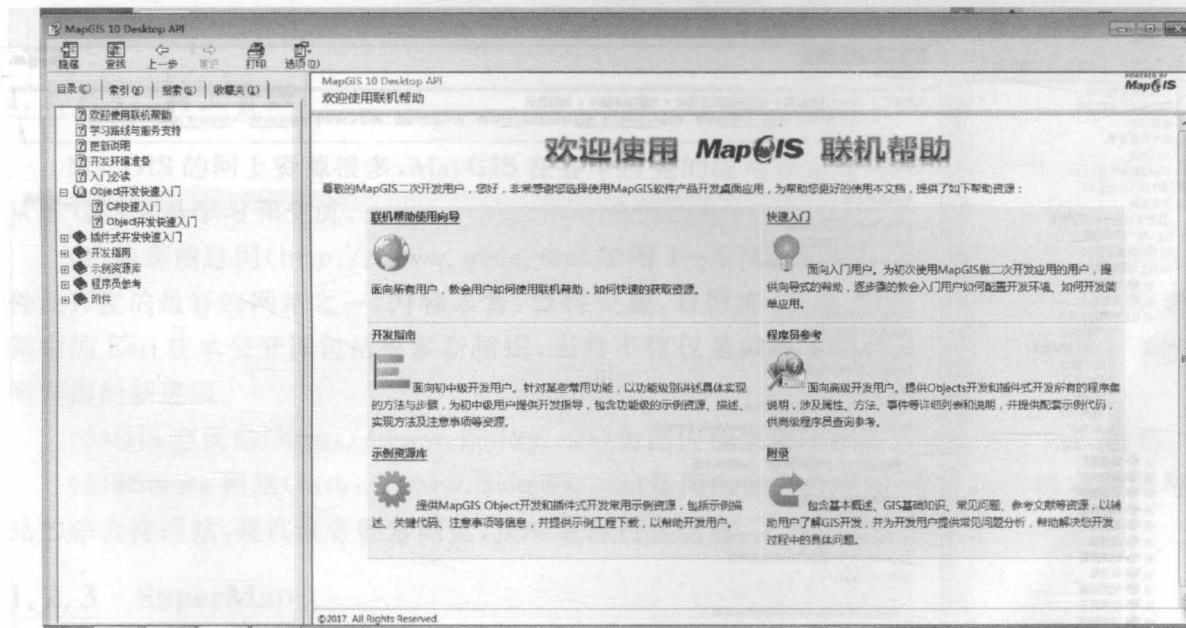


图 1-2 MapGIS API 的主界面

1.2.2.2 自带示例

MapGIS 10 Desktop API 包含的内容非常丰富,在开发指南中,有大量的示例资源如图 1-3 所示,非常详细地介绍了多种实现思路,引导初级开发者思考、学习和开发,带下划线的字体是类、方法、属性,可以点击查询具体的使用方法。

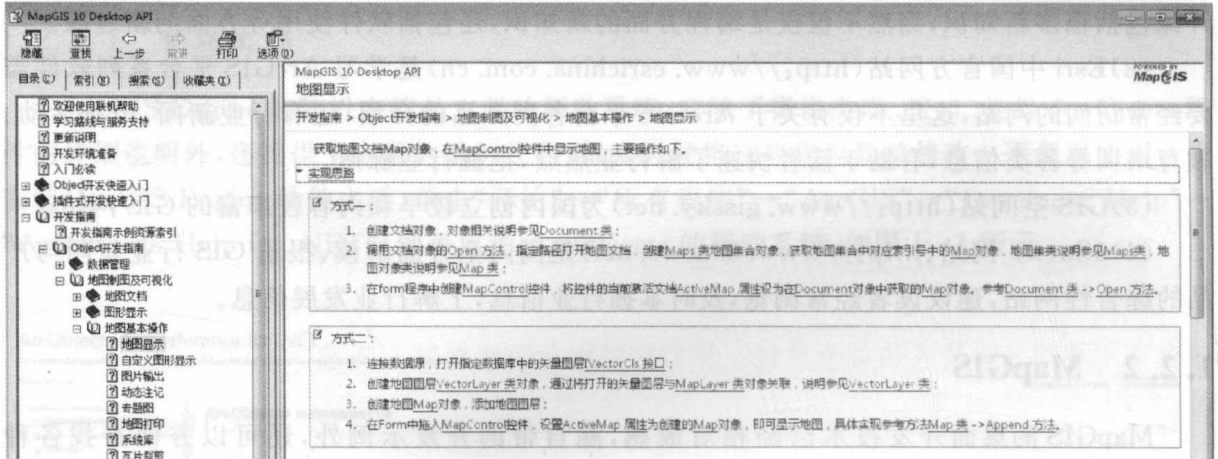


图 1-3 MapGIS API 的开发指南

初学者可以参考实现思路,尝试自己开发,也可以参考或者拷贝参考示例的代码(图 1-4),从而进行开发。这些资源很容易获得,还可以了解到开发的注意事项等,对初学者的帮助是很大的。

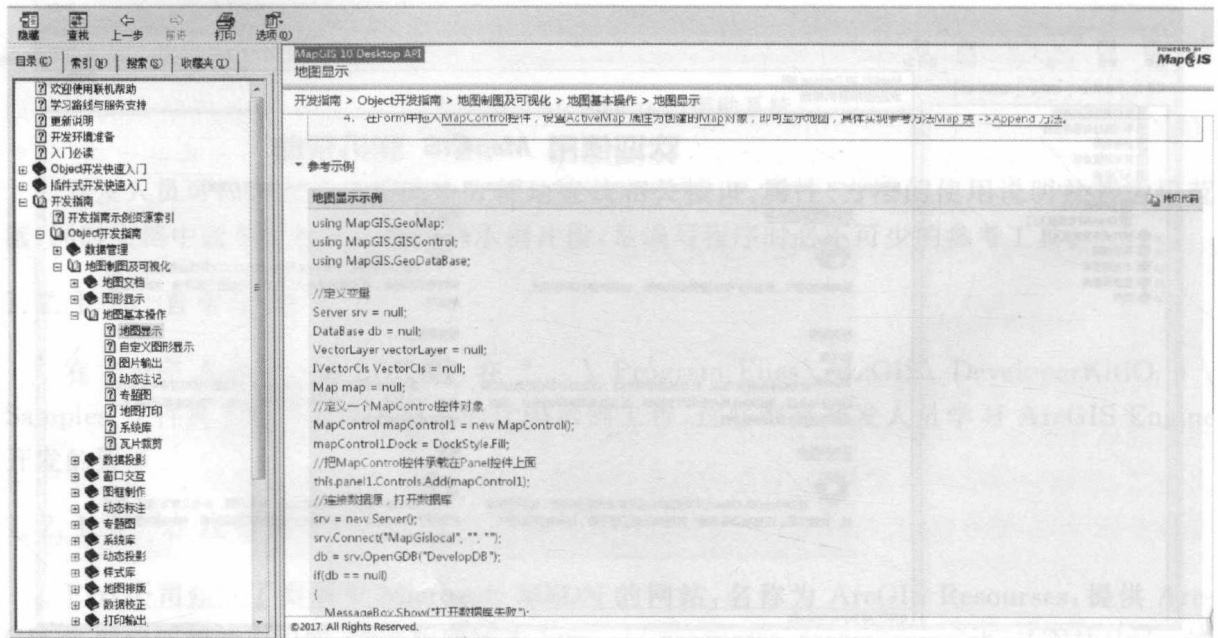


图 1-4 MapGIS API 的参考示例

1.2.2.3 在线帮助

中地数码集团建立了自己的网站,名称为司马云,中文网址是:<http://www.smaryun.com>。司马云网站有 MapGIS 的各个版本的具体介绍,可以下载帮助文件、免费软件包,以及成为开发者并上传开发产品等。其网站首页如图 1-5 所示。



图 1-5 司马云网站首页

1.2.2.4 网上资源

MapGIS 的网上资源很多,MapGIS 在各个行业的应用也有很多相对应的网站和论坛,供从事 GIS 人员学习和交流。

(1)地理信息网(<http://www.gisie.net>)如图 1-6 所示,这是目前国内学习 MapGIS 软件及开发的最好的网站之一,内容丰富、资料权威,有博客、论坛、Esri 公开课等资料,特别是其中的 Esri 技术公开课包括很多新知识,当然不仅仅是编程方面的新知识,还包括软件使用等方面的新进展。

(2)GIS 空间站(<http://www.gissky.net>)为国内创立较早和内容较丰富的 GIS 网站。

(3)3Snews 网站(<http://www.3snews.net>)是国内全方位解读、报道 GIS 行业新闻与产品的综合性网站,建议读者经常浏览,及时掌握行业信息,了解行业发展信息。

1.2.3 SuperMap

SuperMap 的桌面开发,可以通过 help 联机帮助找到帮助文件(图 1-7),也可以通过以下几种途径找到网上资源(图 1-8)。



图 1-6 MapGIS 资料库

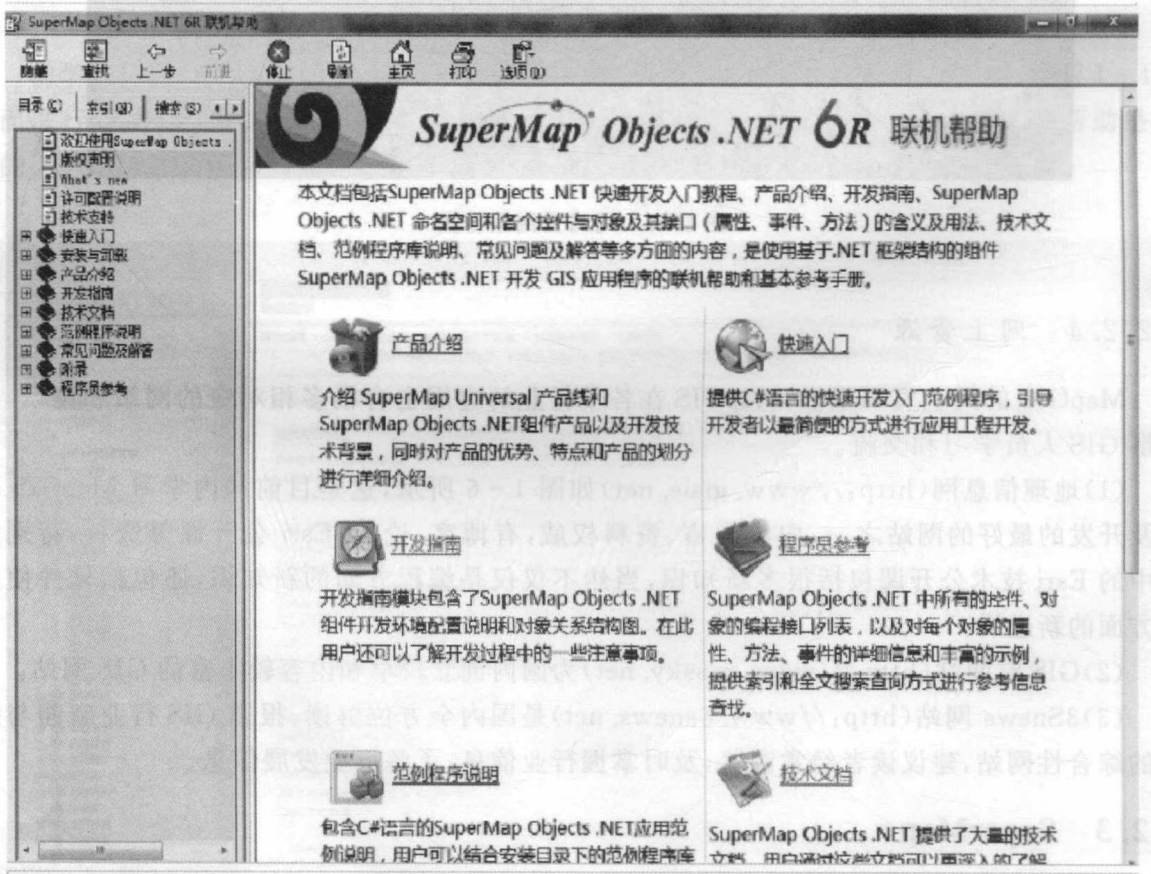


图 1-7 SuperMap 的 help 联机帮助



图 1-8 SuperMap 技术资源中心

(1) 技术资源中心: <http://support.supermap.com.cn>。

(2) 电子邮箱: support@supermap.com。

(3) 地理信息系统论坛:—SuperMap 专区—<http://www.gisform.net/bbs/index.asp?Boardid=4>。

1.3 桌面 GIS 开发方式

1.3.1 Esri 开发方式简介

Esri 提供了多种扩充其平台软件及开发新的 GIS 应用软件的方式,如提供内置的开发语言、提供开发组件库等。Esri 提供的开发方式从时间轨迹看,主要有 AML 语言开发方式、Avenue 语言开发方式、MapObjects 组件开发方式、VBA 开发方式和 ArcObjects 组件开发方式等。

1.3.1.1 AML 语言开发方式

ArcInfo 软件(在 1999 年 12 月发布 ArcGIS 8.0 时,名称由 ArcInfo 改为 ArcGIS)推出时,由于受到计算机软硬件的限制,在 Windows 平台上是一个 DOS 版本,直到发布 ArcGIS 8.0 时才推出桌面版(ArcGIS Desktop)。ArcGIS 软件由工作站版和桌面版(即 ArcGIS Workstation 和 ArcGIS Desktop)组成。ArcGIS 工作站版在操作界面和功能处理上对应于 ArcInfo。ArcInfo 提供了一种宏命令处理语言——AML(Arc Macro Language)来扩展其应用。AML 语言适用于任何 ArcInfo 环境(UNIX 或 Windows 等),它属于高级宏语言,其语法结构简单,解释执行,不需编译,执行和开发效率高,并提供可视化菜单、对话框编辑等工具。

1.3.1.2 Avenue 语言开发方式

Avenue 是 ArcView 内置的一个面向对象的程序设计语言与开发环境,功能强大,利用它可以重新组织 ArcView 的界面和功能,设计出具有特定功能的专业系统。通过 Avenue 不仅能扩展 ArcView 的功能,而且能实现 ArcView 与其他应用程序的集成。开发人员编写的 Avenue 程序可以在任何具有 ArcView 的平台上运行。ArcView 自身的某些部分以及许多直接服务于用户的功能都是用 Avenue 实现的。

1.3.1.3 MapObjects 组件开发方式

MapObjects 建立在微软的对象链接和嵌入(Object Linking and Embedding,OLE)技术的基础之上,由一个称为 Map 的 ActiveX 控件(OCX)和约 45 个自动化对象组成,开发人员可以在多种开发环境下使用 MapObjects 来进行二次开发工作,如 Visual Basic、PowerBuilder、Visual C++ 等。

1.3.1.4 VBA 开发方式

Esri 产品线在研发过程中采用了一系列的标准技术,如在 ArcGIS 中内置了工业标准的 Microsoft Visual Basic for Application(VBA)语言,可以不脱离 ArcGIS 软件的运行环境直接对它进行客户化定制和功能扩展开发。这里只是简单介绍 VBA 的基本概念,VBA 语言是建立在 Visual Basic 语言基础之上的,它的语法与 Visual Basic 基本相同。

1.3.1.5 ArcObjects 组件开发方式

ArcObjects 是 ArcGIS 的核心,是其桌面系统的开发基础,是一种集成的面向对象的地理数据模型软件组件库,提供了 ArcGIS 的全部功能。ArcObjects 的组件库中定义了许多类库,每个类库又定义了不同的接口,如 ArcGIS 10.0 提供了 4081 个组件类、5555 个接口、1053 个枚举和 93 个结构体,共 10 782 项,而 ArcGIS 10.1 就扩展到 11 446 个类、接口等,想全面掌握如此庞大的类库和接口确实非一日之功。

1.3.2 MapGIS 开发方式简介

1.3.2.1 桌面 GIS

面向桌面端应用开发,MapGIS 10.2 提供了两套开发思路:其一,基于 MapGIS 基础的二次开发库,在 .NET Framework 框架上,构建应用系统,即 Objects 开发;其二,基于 MapGIS 基础的二次开发库,在 MapGIS 插件框架上,采用“框架+插件”模式构建应用系统,即插件式开发。MapGIS 10.2 C/S 二次开发架构如图 1-9 所示。

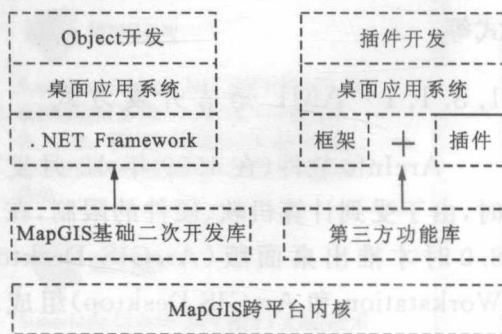


图 1-9 MapGIS 桌面开发结构图

1.3.2.2 WebGIS

MapGIS IGServer 是中地数码集团自主研发的新一代互联网 GIS 开发平台。MapGIS IGServer 是依托超大型的地理信息系统平台 MapGIS, 构建在 DCServer(数据中心运行平台)之上的 GIS 产品, 是一个面向服务的分布式 WebGIS 开发平台, 提供跨平台的网络 GIS 服务和开发框架, 并针对客户的个性化需求, 为客户提供了一个功能全面、性能稳定、简便易用的高效互联网地理信息系统开发平台。

1.3.2.3 移动 GIS

移动地理信息系统是集成地理信息、移动互联网、导航定位、移动通信和空间数据库等技术的信息系统。目前, 无论是行业用户还是公众用户, 对于移动地理信息系统提供的增值服务都有着广泛的需求, 应用遍及生活服务、电子商务、娱乐旅游、新闻资讯、业务管理等众多领域。

1.3.3 SuperMap 开发方式简介

SuperMap 的开发方式与 MapGIS 类似(图 1-10), 本书不再详细介绍, 读者大体了解 SuperMap Objects 传统开发方式即可。

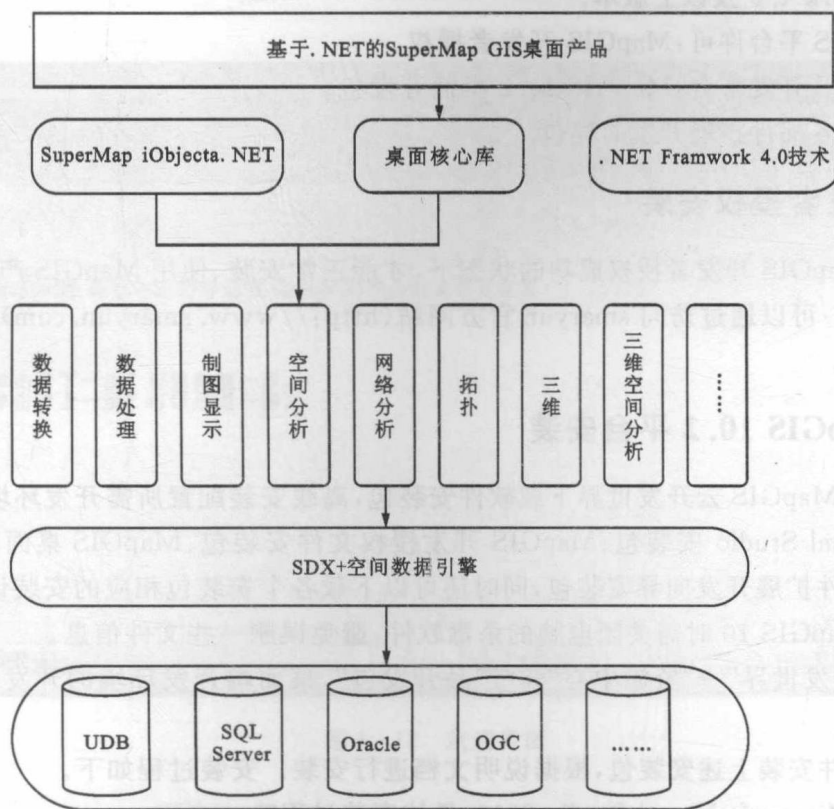


图 1-10 SuperMap GIS 桌面开发结构图

SuperMap Objects 由若干 ActiveX 控件和数量众多的自动化对象(Automation Objects)构成,可以方便地嵌入到流行的可视化高级开发语言环境中进行二次开发,开发人员可以充分地发挥 Visual Basic、Visual C++、Visual C#.Net 和 Delphi 等高级开发工具在面向对象编程、可视化程序设计等方面的优势,结合第三方 ActiveX 组件,开发各种 GIS 系统。

1.4 桌面 GIS 开发环境搭建

ArcGIS 为美国较早研究 GIS 的公司。中国目前研究地理信息系统的公司众多,且技术先进,应用范围较广,其中 MapGIS 是中国地理信息系统的领跑者。本书以下内容将以 MapGIS 为背景展开叙述。

1.4.1 开发环境要求

MapGIS 10.2 的桌面 GIS 系统开发,对系统硬件环境没有特别要求,操作系统支持 Microsoft Windows 系列,包括 Win2000、Win Server2003(2008)、Win XP、Win Vista、Win7 等,以及 redHat、HP Unix、Linux、IBM AIX 等操作系统,均支持 32 位与 64 位机器。

一般需要依次安装配置下列软件环境。

- (1)集成开发环境:Microsoft Visual Studio(2005 或以上版本),其中插件开发需使用 .NET Framework 4.0 及以上版本。
- (2)MapGIS 平台许可:MapGIS 开发者授权。
- (3)MapGIS 开发平台:MapGIS 10.2 桌面开发包。
- (4)MapGIS 插件扩展开发向导包。

1.4.2 开发者授权安装

必须在 MapGIS 开发者授权成功的状态下,才能正常安装、使用 MapGIS 产品,进行 MapGIS 二次开发。可以通过访问 smaryun 官方网站(<http://www.smaryun.com>)获得开发者授权文件安装包。

1.4.3 MapGIS 10.2 平台安装

可以通过 MapGIS 云开发世界下载软件安装包,离线安装配置所需开发环境,即分别下载 Microsoft Visual Studio 安装包、MapGIS 开发授权文件安装包、MapGIS 桌面开发安装包以及 MapGIS 插件扩展开发向导安装包,同时还可以下载各个安装包相应的安装说明文档。

在安装 MapGIS 10 时需关闭电脑的杀毒软件,避免误删一些文件信息。

打开“云开发世界”→“资源中心”→“产品开发包”,桌面端开发环境的开发包下载界面如图 1-11 所示。

依次下载并安装上述安装包,根据说明文档进行安装。安装过程如下。

- (1)安装 Microsoft Visual Studio 2010,具体安装过程略。
- (2)安装 MapGIS 开发授权,直接运行下载的开发授权文件(.reg)即可。