

分布式异构多级空间数据中心的研究与设计

徐世武, 谢 忠, 黄志超

中国地质大学信息工程学院, 湖北武汉 430074

摘要: 多年来作为国土管理工作重要依据的空间数据不能进行及时有效地更新交换, 上下级之间数据不能同步, 以至各级审批节点只能进行费时、费力的“定性”审批. 通过对国土资源数据现状的分析, 提出了树状层次结构数据中心部署模型, 详细分析了数据中心体系模型和数据中心交换模型; 在模型的基础上, 提出了表文件级更新和地理实体全球唯一编码的记录级数据更新方式, 完成了异构数据更新和传输子模块的设计, 实现了多级分布式数据中心之间的数据更新机制. 实践表明, 在湖南省国土资源多级数据交换体系中成功应用后, 省厅与长沙市局之间能够远程动态实时交换空间数据, 实现了政务审批工作从定性粗放到定量精细的飞跃.

关键词: 国土资源数据中心; GML; 数据交换; 元数据; 空间数据库.

中图分类号: TP311

文章编号: 1000-2383(2006)05-0624-07

收稿日期: 2006-05-30

Research and Design of Isomerism Distributed Multilevel Spatial Data Center

XU Shi-wu, XIE Zhong, HUANG Zhi-chao

Faculty of Information Engineering, China University of Geosciences, Wuhan 430074, China

Abstract: The spatial data is the important base of land resource management, but for long time, it cannot be updated and synchronized, lack of valid spatial data, so each level of government can only work at low efficiency mode. Through analyzing the national territory resources data and central data construction at present, this paper proposes a tree structure presenting the deployment, system and exchange models in central data. Data renewal and synchronization are considered through realizing a design of data renewal and a transmission through a sub-module. The entire discussion process has realized a somerism distributional data center. At the same time, we also propose the concept of table renewal at document level and geography entity renewal at record level, which has unique code.

Key words: land resource datacenter; GML; data exchange; metadata; spatial database.

0 引言

随着各行各业信息化进一步推进, 越来越需要空间位置信息的支持. 因此 GIS 在这些行业的应用越来越广泛, 如国土资源、电信、管网、城市规划等领域. 由于目前 GIS 软件种类繁多, 导致数据格式不统一 (王树德等, 2002). 不同的行业之间 GIS 数据记录格式差异相当大, 即使是同一个行业也有很多类型的 GIS 数据格式并存. 例如国土资源部门应用 GIS 非常广泛, 空间数据量巨大, 有基础地理数据、

各种土地专题数据、矿产资源数据等, 但不同地方、不同类型的数据采用了不同的 GIS 软件建库, 导致数据之间不能互相访问, 产生了许多信息孤岛 (王庆华和郝伟, 2005; 谢元礼和胡斌, 2005). 这样不仅不能为领导层提供正确的决策信息, 还会出现重复建库, 浪费资源, 数据难以维护的局面. 因此需要在不同的数据之间建立联系, 使得不同格式的数据之间实现同步更新, 达到互联互通的目的. 在 OGC 标准的规范下, 建设分布式异构多级空间数据中心是大势所趋.

利用分布式技术,解决多级异构空间数据库之间的数据更新.具体到国土资源数据中心,就是建立由各级各类数据中心和国土资源信息网构成的多级全国国土资源信息交换体系,通过信息交换体系实现各级国土资源信息的管理、应用、交换和共享(吴信才,1998).各级中心的任务是接收、存储、加工、管理和应用本级国土资源管理和社会服务所需要的各类国土资源数据,并通过国土资源信息网实现与上级数据中心和下级数据中心的远程数据的同步或异步更新.

1 系统总体设计

1.1 系统设计的原则

- (1)数据一致性原则.数据库设计要符合数据一致性原则,在本系统中要保证特殊要求的信息物理存储唯一性.
- (2)数据库规范设计.对于整体系统的数据库设计,从数据库体系和具体运用的要求出发,对数据库进行规范化设计.
- (3)完整性原则.按目前的发展趋势,制定出合理的数据库存储容量,满足一定时期的稳定增长,数据按动态数据和静态数据分别存放于不同的磁盘上,静态数据尽量存放在一起,热点访问的数据与非热点的动态数据分离存储在不同的磁盘上,以减少 I/O 的瓶颈从而提高数据库运行性能.
- (4)有效性原则.在计算机硬件配置和网络设计确定的情况下,影响到应用系统性能的因素不外乎是数据库结构和客户端应用程序的设计;首先进行的数据库逻辑设计除去不必要的冗余数据,提高数据吞吐速度,保证数据的完整性,清楚地表达数据元素之间的关系;而物理设计需折衷考虑,根据业务规则,确定对关联表的数据量大小、数据项的访问频度,允许有一定量的数据冗余.
- (5)安全性原则.保证数据操作的正确性,具有良好的数据恢复能力,使数据具有较高的安全性.
- (6)扩展性原则.满足现有应用的需求,并随着业务的发展提供良好的扩展能力,满足经济性和易于扩展的要求,以适应业务规模的发展.移植性强,能任意移植到任意数据平台.
- (7)可管理性原则.建立的数据库层次清楚,易于管理、维护和运行.在数据库出现性能问题时,能够迅速诊断、解决问题及优化运行性能.

1.2 系统构架设计

系统总体架构如图 1 所示.

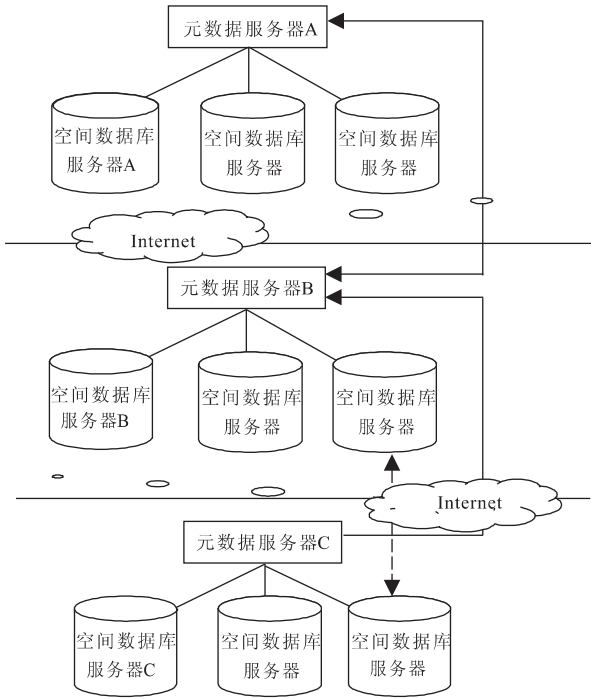


图 1 异构分布式数据中心构架

Fig. 1 Structure of isomorous distributed data center

分布式数据中心可以采用网状联结方式,任何 2 个数据中心之间均可以互相连接,但是在现实中数据中心一般存在主次关系,因此数据中心的连接结构表现为树状层次结构.国土资源管理部门数据中心根据行政级别表现为从上到下的层次结构,最上为国土资源部级,下面是各省、自治区级,然后是市、区级,最后是县级等(贵州省国土资源厅,2004).表现出严格的层次关系,不会出现越级更新的情况.

由于数据需要远程传输,且主要通过专网进行数据更新和同步,因此主要依赖 Web Service 技术来实现数据服务.总原则是哪里有数据哪里就有服务,在图 1 中 A 数据中心有空间数据库服务器 A,就需要提供对 A 数据库访问的 Web 服务.同理 B 数据中心需要提供对 B 数据库访问的 Web 服务.但是 Web 服务属于无状态应用,它只负责提供服务,这样在 A 数据中心数据库服务和 B 数据中心数据库服务之间没有任何关系,他们需要通过元数据服务器来协调通讯,建立 2 者之间的逻辑连接,进而实现数据更新.

实际工作中,各级数据中心首先将需要发布的数据在各级元数据库服务器中进行注册,也就是将

数据发布出去,这样当 A 数据中心需要订阅 B 数据中心的数据库时,通过元数据服务器 A 找到元数据服务器 B,在 B 中找到已经注册的相应数据然后通过服务从相应的数据库服务器中得到所需的数据,实现数据更新和同步(鹿心社,2004).元数据服务器是整个系统正常运行的关键,系统着重实现元数据服务器的功能设计、数据库结构等的设计.

1.3 系统功能设计

由于系统的不同元数据服务器之间连接访问的相似性,以下随意选取 2 级数据中心之间单向通讯方式来阐述系统的功能设计.

图 2 以虚线为界分为 2 部分,圆柱形表示数据库,包括数据库服务器和元数据服务器 2 类,方框表示系统功能模块,主要有 6 块,分别是:数据发布模块、数据更新模块、数据订阅模块、远程数据访问服务、元数据服务访问模块、系统配置模块.带箭头的实线表示实际相联,而带箭头的虚线表示逻辑连接.系统在功能上主要分为:系统配置信息模块、数据发布功能模块、数据订阅功能、更新数据监测模块、远程数据访问服务模块、数据中心远程访问服务模块.数据流程如图 3 所示.

上下级数据的同步更新过程:以图 2 为例,上面的 XSDB1, XSDB2 数据库为县级数据中心的空间数据库,下面的 SSDB1, SSDB2 为市级数据中心的数据库.县级数据中心发布,市级数据中心订阅.

(1)注册数据源信息.在每一级元数据中心,首先要在要建立与同级数据库连接的数据源信息,并登记到元数据中心的数据源信息表中.

(2)注册发布数据.各个数据中心首先将本中心需要发布的数据在数据中心的元数据服务器上注册发布.其操作主要是通过本地应用程序驱动完成.

(3)更新订阅数据信息.各数据中心元数据库服务器通过一个配置程序添加本数据中心需要订阅的数据,这个层次比较容易实现.关键是将需要订阅的数据与数据来源进行关联.关联时需要通过访问远程元数据服务取得所有已发布的信息来完成订阅信息的更新,从而将所有的订阅与源关联起来.考虑到源信息有可能发生改变,需要提供对订阅信息进行定时更新的工具.市级数据中心订阅县级数据中心的数据库,就需要到县级已发布的数据库中找到其需要的信息来完成市级数据中心的订阅信息.

(4)记录更新信息.在不同的数据中心总是有很

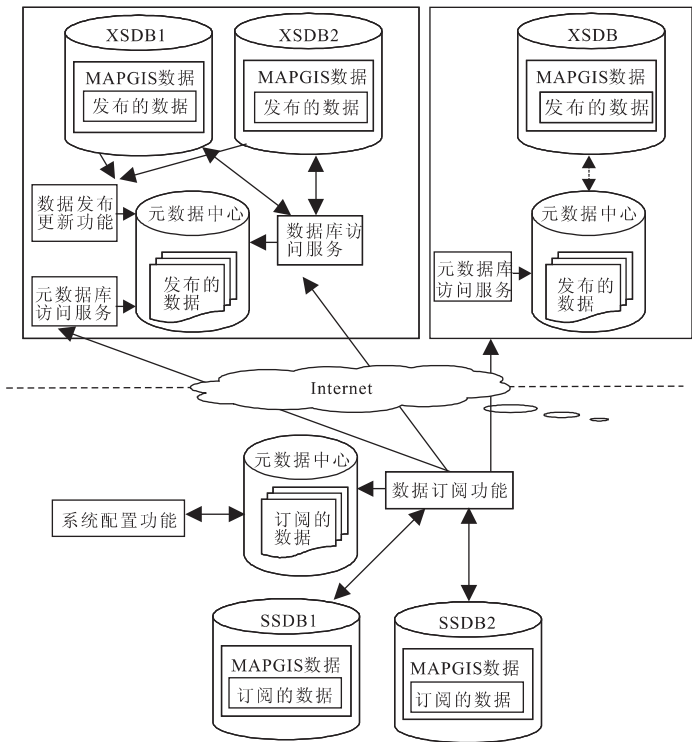


图 2 系统功能结构

Fig. 2 Structure of system function

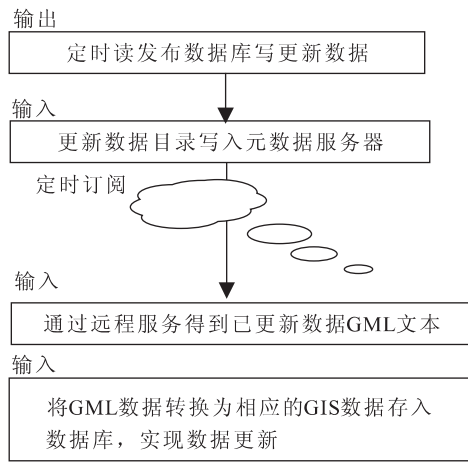


图 3 数据流程图
Fig. 3 Data flow chart

多的客户端程序在操作数据库服务器,对数据进行相应的更新,这些更新的过程无法控制,但是更新的过程可以被记录到历史库中.因此在元数据服务器上,运行一个监测程序,根据设置定时在历史记录中取出已更新的且已经被发布的数据文件的记录,填入元数据库服务器的数据更新表中,并赋予初始标志.

(5)数据同步更新.这个模块是整个系统成败的关键,它直接负责数据的获取、转换、传输、更新,由于第一阶段只是实现整文件的更新,传输的数据量相当大.因此,其性能直接影响到整个系统的性能,其稳定性影响到系统的深度,在实现中需要特别的考虑.考虑部署的方便性,只在元数据服务器上运行一个程序检测控制程序,根据设置定时触发更新程序,更新程序首先遍历本元数据中心的订阅信息表,找到其需要订阅数据及其位置,然后主动向远程元数据中心请求服务,通过服务找到需要更新的数据,如果该数据是需要的数据,然后将数据转换为 GML 文件,然后通过服务将 GML 文件传到订阅端,订阅端得到 GML 数据后调用数据转换程序将数据转换为本地的 GIS 格式数据,并上传到数据库服务器中实现数据的更新(武汉大学电子政务研究中心,2004).

同样道理,也可以逆向在市级中心发布,县级数据中心订阅,从而达到双向都可以更新数据.这样就可以实现数据在不同的数据中心实现数据的更新,更新的方式为异步.通过这样设计的系统有一个可能出现的问题:由于数据可以双向更新,当 2 边都对数据进行更新后,但没有及时反映到订阅端,当数据更新开始后,可能出现发布端和订阅端数据互相覆盖的情况.

2 数据库设计

2.1 数据库的建库设计

本系统的关键是设计元数据中心的数据库表结构.元数据中心需要 4 张表,分别是数据源注册信息表、发布信息表、订阅信息表、更新信息表.用户登陆录表,该表表示用户登陆的权限,一般用户只可以浏览发布信息和订阅信息,高级用户才可以进行信息发布和数据订阅.数据源注册信息表(DsnInfoTbl),注册每一级数据中心的所有 ODBC 数据源信息.发布信息表(PublishInfoTbl),在发布端记录需要发布的数据文件的名字、类型和数据源信息.更新信息表(UpdateInfoTbl),在发布端将要发布的数据文件的所有更新历史记录存放在更新表中. IP 列表(IpLstTbl),记录本机与哪些发布数据库发生关系.订阅信息表(SubscibeInfoTbl),记录订阅端的哪个数据源的哪个文件需要调用服务,取得发布端的相应的数据源里的相应的文件.

2.2 数据库表存放关系和数据之间的逻辑联系

系统的 4 张表可以划分为发布端元数据表和订阅端元数据表.从一个更新过程来划分(图 4),有数据源注册信息表(DsnInfoTbl)、发布信息表(PublishInfoTbl)、更新信息表(UpdateInfoTbl)是发布端元数据表;数据源注册信息表(DsnInfoTbl)、订阅信息表(SubscibeInfoTbl)是订阅端元数据表.考虑到既可以上级更新下级数据,也可以下级更新上级数据,在实际的部署中,一个元数据服务器既是发布端,也是订阅端,这些表在每个元数据服务器上都存在.数据之间的逻辑联系如图 4.

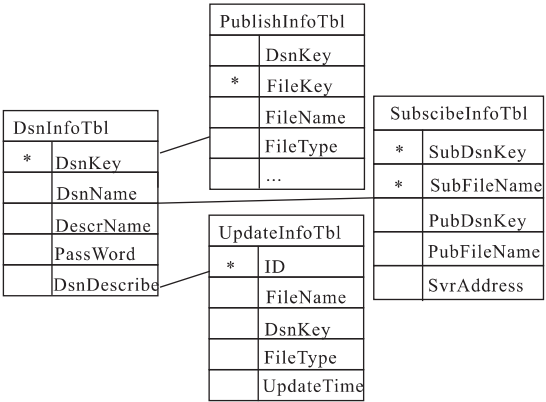


图 4 数据逻辑关系
Fig. 4 Logical relation of data

3 界面设计

本系统坚持图形用户界面(GUI)设计原则,界面直观、对用户透明,用户接触软件后对界面上对应的功能一目了然,简单培训就可以使用.布局合理化原则应注意在一个窗口内部所有控件的布局和信息组织的艺术性,使得用户界面美观.在一个窗口中按 Tab 键,移动聚焦的顺序不能杂乱无章,Tab 的顺序是先从上至下,再从左至右,一屏中首先应输入的和重要信息的控件在 Tab 顺序中应当靠前,位置也应放在窗口上较醒目的位置.布局力求简洁、有序、易于操作.界面应提供用户对当前任务的运行状况进行跟踪的能力,可随时提供各种信息,向用户报告系统的运行状况,让用户对系统的工作状况有清楚的了解;界面风格应与用户普遍接受的微软设计风格和网站设计风格一致.界面分区、界面提示、界面动态信息提示、过程提示、界面用语与专业术语一致;用户界面必须具备良好的帮助功能和提供足够多的提示信息,引导用户开展工作;界面应具有针对性,系统界面可分为 Browse/Server(B/S)和 Client/Server(C/S)2 类,2 者在风格上应有所不同.B/S 界面侧重简单、好用,突出方便性,B/S 界面操作深度不应超过 2 级;C/S 界面偏重功能齐全和灵活,满足系统维护和用户深层次的应用需求.

4 设计中应用的关键技术

4.1 Web Service 数据服务技术

数据与系统之间的相对独立是当今软件设计的发展方向,这种模式既有利于数据的维护利用,也有利于信息系统实现跨平台超越式的蓬勃发展,基于服务标准的系统构建模式正是根据这种状况应运而生的.这种模式是数据库建设基于相关规范标准,通过这种一致性有效的实现数据库与信息系统的相对独立.规范和标准必须通过一定的形式落实成软件和数据能够遵照和依据的现实方法和标准才能有约束力,也才能够真正最终保障这种独立性与依赖性的存在,才能很好的支持数据与系统的独立,彻底实现基于服务标准的系统跨平台和系统异构,而基于 Web Service 的服务标准正是实现这一目标的技术保障.

4.2 异构空间数据发布订阅技术

数据中心处于整个国土信息系统的底层,目的

是向上层的应用与服务系统提供一个能满足各种格式的数据需求的,而与具体系统无关的独立的数据平台.利用 MAPGIS 的空间数据库引擎(SDE),可将多源国土资源空间数据放在不同的商业关系数据库中进行管理;数据既可存放在网络服务器上,也可存放在本地.访问数据时可以不必关心数据的存放位置,用户可以像操作本地数据一样去操作网络数据,从而实现了不同类型商业数据库中空间数据的分布式存储和调用.研究开发基于 GML 的数据转换服务组件实现不同 GIS 系统间数据的集成,实现 GIS 数据的互操作.由 GML 语言或采用 SOAP 协议引导和启动空间数据读写与查询的组件,从空间数据库管理系统中实时读取空间对象,并将数据转换为用 GML 语言定义的公共接口描述规范的数据流,其他系统可以获取对象数据并进行实时查询,可以达到实时在线数据共享与互操作的目的.

5 系统安全设计

系统从软件和硬件 2 方面保证可靠性和安全性.

5.1 硬件及网络方面保证系统的可靠性

数据库服务器中存放的是空间数据.省级数据中心、市级数据中心、县级数据中心分别存放的是全省的数据、市的数据、县的数据,可以看出省级数据中心的数据量非常大,而且以后数据中心的数据还要提供给政务系统和社会服务使用(贵州省国土资源信息中心,2004),因此对数据库服务器的性能和安全性提出了很高的要求.表 1 的配置主要是针对省级数据中心,其余各级数据中心的数据库服务器配置可参考表 1 指标酌情配置.

数据库服务器至少需要 2 台做成 RAID5,保证数据库服务器操作系统的安全.同时需要磁盘阵列来实现双机热备,保证数据安全,磁盘阵列要求的容量最低不低于 2TB.通过光纤通道交换机与数据库服务器相连,同时连接磁带库用作数据的备份.MAPGIS 已在 SQL Server 和 Oracle 上实现了空间数据库的管理,数据库服务器的操作系统可以是 Windows2003, Linux 或 UNIX,商用数据库是 SQL Server 和 Oracle 中的一种即可.

元数据服务器存放的是各级数据中心数据的订阅、发布和更新信息.操作系统 Windows2000,数据库可以是 SQL Server 或 Oracle. Web Service 服务器是用来发布 WebService 服务的服务器,用来发

表 1 数据库服务器配置
Table 1 Database server config

项目	指标要求	配置要求
CPU	支持 Inter Xeon MP3, 0 GHz/4 MB 以上 CPU	4 个 3. 0 以上 GHz/4 MB In-ter Xeon MP CPU(最低 4 个)
芯片组	ServerWorks GC-HF 支持 8 路交错内存存取	
内存	ECC DDR 内存, 支持 Chip Kill 技术, 最大支持 32 GB, 支持内存镜像和内存热备份单元	8 GB
PCI	不少于 7 个支持热插拔 100 MHzPCI-X, 不少于 1 个 PCI32 位/33 MHz	
内置硬盘	支持 36 GB、72 GB 和 146 GB Ultra320 SCSI 硬盘, 支持不少于 5 个热拔插硬盘插槽, 支持 2+3 分离 SCSI 背板, 转速≥10 KRPM	最低 3 块 73 GB 硬盘, 做 RAID5
RAID 控制器	Ultra320 RAID 控制器, 不少于 128 MB 支持电池备份高速缓存, 不少于 2 个通道	1 个 RAID 控制器
网卡	不少于 4 个 100/1000BASE-T 以太网卡	
热插拔冗余电源	不少于 2 个冗余热插拔电源	2 个冗余电源

布空间数据更新的服务和各级元数据服务器数据发布订阅的服务. 安装 Windows2003, IIS6. 0. 服务器 CPU 要求 Intel Xeon MP 3, 0 GHz/4MB 以上, 内存要求 2 G 以上, Web Service 服务器也可以和元数据服务器放在同一台服务器上.

各级数据中心之间的网络连接有 2 种情况, 一种是专网, 另一种是互联网. 国土资源部门一般建立内部专网, 或者租用电信运营商的线路形成专网, 网络连接情况良好, 带宽一般在 2 M 以上. 如果是通过互联网, 采用以下方法达到系统的可靠性, 在每一级数据中心都单独设立元数据服务器, 数据更新通过 GML 传输, 如果是整文件更新, 则分块传输, 尽量减少每次传输数据的传输量, 保证高可靠性, 最终目标是达到要素级更新, 只传输更新的要素.

5. 2 软件方面保证系统的安全性

利用各个服务器安装的操作系统和数据库系统自身的安全机制保证安全, 另一方面也可以在元数据服务器的原子操作中加入对更新时间、用户、访问地址等的限制, 从系统的访问逻辑上控制安全性, 还可以在 SOAP 标头传输用户名和密码或者其他形式的凭据.

6 结论

数据共享与数据集成是国土资源数据中心主要解决的问题, 是国土资源信息化进一步推进的技术基础. 数据中心的建设是一个系统工程, 需要各个模块之间协调工作, 才能真正的实现数据的无缝集成与共享, 也才能在很大程度上解决数据集成和数据

共享的问题, 使国土资源信息化工作能更加深入, 实现数据一体化, 最大程度利用数据并共享数据.

References

Lu, X. S. , 2004. The speaking of working meeting about the building of land and resources, EGOV. *Land and Resources Communication* , 10(7) : 22(in Chinese with English abstract).

The EGOV Research Center of Wuhan University, 2004. The design of system and soft technology of city's EGOV. Wuhan University Press, Wuhan(in Chinese).

The Land and Resources Information Center of Guizhou Province, 2004. The research of the characteristic in province building of land and resources, EGOV. *Land and Resources Information* , 5(1) : 30 (in Chinese with English abstract).

The Office of Land Resources of Guizhou Province, 2004. Through making sure the aim and point to boost the building of land and resources, EGOV. *Land and Resources Communication* , 11(10) : 20 (in Chinese with English abstract).

Wang, Q. H. , Hao, W. , 2005. The development trend of GIS. *Resources Exploitation and Market* , 21(1) : 30(in Chinese with English abstract).

Wang, S. D. , Chai, S. S. , Liu, X. J. , 2002. Talking about the development trend of new generation GIS. *Ravage Engineering* , 21(2) : 66(in Chinese with English abstract).

Wu, X. C. , 1998. The theory, method and apply of GIS. Faculty of Information Engineering, China University of Geosciences, Wuhan(in Chinese).

Xie, Y. L. , Hu, B. , 2005. Talking about the development trend and course of GIS. *GIS Forum* , 3(4) : 21 (in Chi-

nese with English abstract).

附中文参考文献

贵州省国土资源厅,2004. 明确目标抓住关键努力推进国土资源电子政务建设. 国土资源通讯,11(10):20.

贵州省国土资源信息中心,2004. 省级国土资源电子政务建设特点探讨. 国土资源信息化,5(1):30.

鹿心社,2004. 在国土资源电子政务建设工作会上的讲话. 国土资源通讯,10(7):22.

王庆华,郝伟,2005. 地理信息系统的发展趋势. 资源开发与

市场,21(1):30.

王树德,柴寿升,刘修军,2002. 新一代地理信息系统 GIS 发展趋势浅议. 海岸工程,21(2):66.

武汉大学电子政务研究中心,2004. 城市电子政务软件平台技术与系统设计. 武汉:武汉大学出版社.

吴信才,1998. 地理信息系统原理、方法及应用. 武汉:中国地质大学信息工程学院.

谢元礼,胡斌,2005. 浅谈 GIS 的发展历程与趋势. 地理信息系统论坛,3(4):21.

勘 误:

本人不慎,在《地球科学——中国地质大学学报》2006, Vol. 31, No. 4 中发表的“苏鲁高压—超高压变质地体的陆—陆碰撞深俯冲剥蚀模式”一文中存在某些错误,特作如下修改:

(1)第 428 页第 1 节中“石榴辉长岩”改为“石榴辉石岩”;

(2)第 429 页中图 1SDX-20 的位置应在威海南东,附新图 1;

(3)第 429 页—第 431 页中“烟台南桃村”、“烟台南桃林”、“烟台桃林”均改为“威海南东”;图 3、图 4 中“Taolin, Yantai”改为“SE. Weihai”;表 1 中“Taolin”去掉,“Yantai”改为“SE. Weihai”;

(4)第 431 页 3.1 节中“威海 SW 部”改为“威海 SE 部”.

许志琴

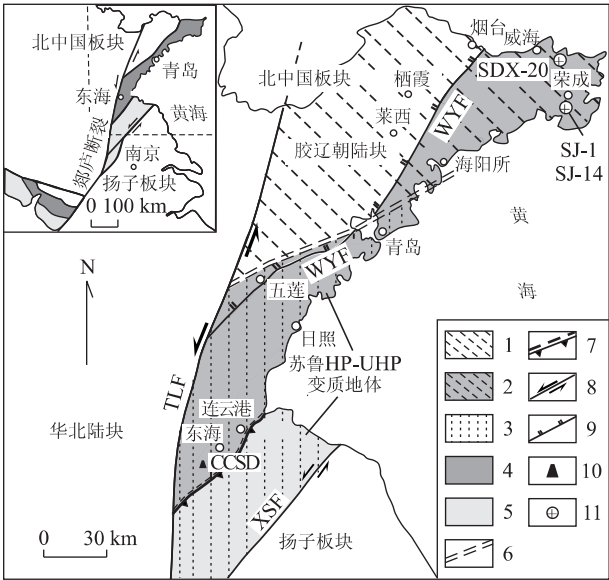


图 1 苏鲁高压—超高压变质地体及邻区基底地质图

Fig. 1 Map showing different metamorphic basements for the Sulu HP-UHP metamorphic terrain and adjacent area