



普通高等教育“十二五”规划教材

Web GIS技术原理 与应用开发 (第三版)

马林兵 张新长 吴苏杰 陈 健 编著



科学出版社

普通高等教育“十二五”规划教材

Web GIS 技术原理与应用开发

(第三版)

马林兵 张新长 吴苏杰 陈 健 编著

科学出版社

北 京

内 容 简 介

本书全面、系统地论述了 Web GIS 的基本原理、关键技术及开发方法。本书还重点介绍了 ESRI 公司发布的 Web GIS 开发平台 ArcGIS Server 及 GeoServer 开源 Web GIS, 所涉及的主要内容都是目前 Web GIS 研究与开发的最主要考虑的技术问题。全书共 7 章, 内容包括: 绪论; 计算机网络的基本原理; Web GIS 基本技术原理; Web GIS 技术应用方法; 移动 GIS; ArcGIS Server 开发指南; 开源 Web GIS 平台。

本书可供测绘、国土资源、城市规划和管理、水利与水资源、环境保护、道路交通等部门的研究和开发人员使用, 也可作为高等院校有关专业教师、高年级本科生和研究生的参考资料。

图书在版编目(CIP)数据

Web GIS 技术原理与应用开发/马林兵等编著. —3 版. —北京: 科学出版社, 2019.3

普通高等教育“十二五”规划教材

ISBN 978-7-03-058459-5

I. ①W… II. ①马… III. ①地理信息系统—应用软件—高等学校—教材 IV. ①P208.2

中国版本图书馆 CIP 数据核字(2018)第 177230 号

责任编辑: 杨 红/责任校对: 何艳萍

责任印制: 张 伟/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>

北京中石油彩色印刷有限责任公司 印刷

科学出版社发行 各地新华书店经销

*

2006 年 9 月第 一 版 开本: 787×1092 1/16

2012 年 6 月第 二 版 印张: 14 1/2

2019 年 3 月第 三 版 字数: 361 000

2019 年 3 月第十三次印刷

定价: 49.00 元

(如有印装质量问题, 我社负责调换)

第三版前言

地理信息系统(geographic information system, GIS)是20世纪80年代兴起的一门综合性学科,空间信息服务是它基本的角色职能。目前,地理信息系统已在许多行业,如电力、水利、通信、交通、银行、城市规划、土地管理、资源环境保护等得到广泛的应用。Web GIS是地理信息系统的一个重要分支,它是GIS与Internet的有机结合。由于Web GIS应用的广泛性和未来的广阔前景,许多高校已把它作为本科生和研究生的必修(或选修)课程。2006年9月,编著者曾出版过《Web GIS 原理与方法教程》一书,2012年6月,出版了《Web GIS 技术原理与应用开发》(第二版)。这些年来,Web GIS的技术和方法又有了许多新的发展,本书在前两版的基础上,增加了许多新的内容,删减了一些过时的内容,使得本书在整体的结构和内容上有更多的现势性和新颖性。

目前,地理信息科学专业的教材建设已经有了长足的发展,但就Web GIS这一分支来说,专门的教材还是偏少。本书编著者结合自身多年的教学、科研和工程项目实践经验,以Web GIS为中心,系统总结国内外已取得的研究成果,紧跟当前最新的研究动态,并进行归纳、分类、分析、比较,同时结合我国各高等院校地理信息系统教学经验,融合近年来Web GIS相关理论、技术方法、工程应用方面的成果,使得本书在知识的“博”与“专”两个方面得到适度的结合。本书力求在教学内容的选择与编排方面有所突破,便于学生有效掌握Web GIS的基本理论、基本方法和实验手段,为学生将来在Web GIS方面的研究与应用打下基础。

全书共7章,第1章是绪论,主要介绍Web GIS相关知识;第2章介绍计算机网络的基本原理;第3章讲解Web GIS基本技术原理,是学习本书的基础;第4章讲解Web GIS技术应用方法,介绍几种新兴的Web GIS技术;第5章讲解移动GIS,重点学习移动空间信息服务的关键技术;第6章讲解ArcGIS Server开发指南;第7章介绍开源Web GIS平台。

本书的编著得到许多专家、同事的支持和帮助,在此表示衷心的感谢!

受作者水平和时间所限,书中不足之处在所难免,恳请读者批评指正。

马林兵

2018年6月

第二版序

自 20 世纪 90 年代以来,无论是在理论探索、教育培养还是行业应用方面,地理信息系统 (geographic information system, GIS) 在我国都取得了飞速的发展。而 Web GIS 是地理信息系统学科的一个重要技术分支,是 GIS 技术与互联网 (Internet) 技术的有机结合,是 GIS 从单机系统走向网络化应用的一个重大飞跃。由于 Web GIS 应用广泛且前景广阔,许多高校已把它作为本科生和研究生的必修 (或选修) 课程。2006 年 9 月,作者曾出版过《Web GIS 原理与方法教程》一书,6 年之后,Web GIS 的技术和方法有了许多新的发展,该书正是在前书的基础上,增订了许多新的内容,并且更加侧重于对 Web GIS 技术原理的阐述与开发方法的讲解,使得该书在整体结构和内容上有更多的现势性和新颖性。

Web GIS 是紧随着互联网技术而发展起来的,涉及很多互联网的网络开发技术。作为 GIS 领域的一个重要分支,Web GIS 在测绘、国土资源、城市规划和管理、环境保护和交通等部门得到广泛的应用,并且也是 GIS 进入千家万户、进入日常生活的一个重要途径。开放式 GIS (Open GIS) 以及 GIS 互操作一直是 GIS 领域所要解决的问题,而 Web GIS 正是解决这一问题的关键环节。因此,越来越多的研究者开始进行 Web GIS 的相关领域的研究,生产单位、应用部门对 Web GIS 人才的需求也越来越大。

该书各章之间互有关联,各有侧重。除了介绍 Web GIS 的基本原理和相关方法外,还强调实践的重要性,通过 Web 服务器的使用、Web 网络开发技术的使用、Web GIS 应用技术的使用等实验性很强的内容,使读者由浅入深,逐步掌握 Web GIS 的基本原理和开发流程。近几年来,新的 Web GIS 理论和方法的发展很快,在密切跟踪这些发展动态的同时,将一些新技术、应用热点、发展方向适当引入,如基于可升级的矢量图像 (scalable vector graphics, SVG) 的 Web GIS、基于虚拟现实建模语言 (virtual reality modeling language, VRML) 的网上虚拟地形、海量空间数据发布的关键技术、分布式空间数据组织、基于 Web Service 的 Open GIS、移动 GIS、传感器网 (sensor web) 等。Web GIS 的具体实验不能脱离商业化的 Web GIS 平台,该书以指南的形式,用一定篇幅介绍了 ArcIMS (internet map server)、ArcGIS Server 这两个国外著名的 Web GIS 开发平台,使读者能够学习这两个平台基本的安装、调试、配置、开发等知识,并且能学有所长、学有所用,提高动手能力,为日后从事相关的工作打下很好的基础。

我们希望作者继续广泛收集国内外的相关资料,跟踪网格 (grid) 技术和 Web GIS 相关的新方法、新技术、新应用、新动向,在将来的后续再版中,不断充实该书的内容、完善该书的体系,使该书成为 GIS 教学领域优秀的教材和参考书。

中国科学院院士



2012 年 4 月

第二版前言

GIS 是于 20 世纪 80 年代兴起的一门综合性学科，它基本的角色职能是空间信息服务。目前，GIS 已在许多行业，如电力、水利、通信、交通、银行、城市规划、土地管理、资源环境保护等领域得到广泛的应用。Web GIS 是 GIS 的一个重要分支，它是 GIS 与 Internet 的有机结合，由于 Web GIS 应用的广泛性和未来的广阔前景，许多高校已把它作为本科生和研究生的必修（或选修）课程。

目前，GIS 专业的教材建设已经有了长足的发展，但就 Web GIS 这一分支来说，专门的教材还是很少的。本书作者结合多年的教学、科研和工程项目实践经验，以 Web GIS 为中心，系统总结了国内外已取得的研究成果，紧跟当前最新的研究动态，并进行归纳、分类、分析、比较，同时结合我国各高等院校地理信息系统教学的实际经验，并融合近年来在 Web GIS 理论、技术方法、工程应用方面的成果，使得本书在知识的“博”与“专”两个方面得到适度的结合。本书力求在教学内容的选择与编排方面有所突破，便于学生有效掌握 Web GIS 的基本理论、基本方法和实验手段，为学生将来在 Web GIS 方面的研究与应用打下基础。

全书共 8 章，第 1 章是绪论；第 2 章介绍计算机网络的基本原理；第 3 章讲解 Web GIS 基本技术原理，是学习本书的基础；第 4 章讲解 Web GIS 技术应用方法，学习几种新兴的 Web GIS 技术；第 5 章讲解移动 GIS，重点学习移动空间信息服务的关键技术；第 6 章讲解 ArcIMS 开发指南；第 7 章讲解 ArcGIS Server 开发指南；第 8 章介绍开源 Web GIS 平台。

本书在编写过程中得到许多专家、同事的支持和帮助，在此表示衷心的感谢。

由于作者水平和时间所限，书中不足之处在所难免，恳请广大读者批评指正。

马林兵

2012 年 3 月

第一版序

当今世界，以信息技术为主要标志的科技进步日新月异，知识经济的到来预示着人类的经济生活将发生新的巨大变化。20 世纪 90 年代以来，无论是在理论探索、教育培训还是行业应用，GIS 在我国都取得了飞速发展。Web GIS 是地理信息系统学科的一个重要的分支领域，是地理信息系统技术与因特网技术的有机结合，是 GIS 从单机系统走向网络化应用的重大飞跃。由于 Web GIS 应用的广泛性和未来的广阔前景，许多高校（包括中山大学）已把它作为本科生和研究生的必修（或选修）课程。目前，关于 Web GIS 的专门教材尚不多见，该书的出版很好地弥补了 Web GIS 教材的不足。

Web GIS 紧随着因特网技术而发展，涉及很多因特网开发技术，具有很强的实用性和可操作性。作为地理信息系统领域的一个重要分支，Web GIS 在测绘、国土资源、城市规划和管理、水利与水资源、环境保护、道路交通等部门取得了广泛的应用，并且也是 GIS 走进百姓生活的一个重要途径。开放式 GIS 以及 GIS 互操作一直是 GIS 领域所要解决的问题，而 Web GIS 正是解决这一问题的关键环节。因此，越来越多的研究者开始进行 Web GIS 相关领域的研究，生产单位、应用部门对 Web GIS 的人才需求也越来越大。

该书的作者结合了他们多年的教学、科研和工程项目实践经验，以 Web GIS 为中心，系统总结了国内外已取得的研究成果，紧跟当前最新的研究动态，并进行分析比较、归纳总结，结合我国各高等院校地理信息系统教学的实际经验，并融合他们近年来在 Web GIS 的理论、技术方法、工程应用方面的成果，使该书在知识的“博”与“专”两个方面得到适度的结合。纵观全书，它以 Web GIS 为纲领，向因特网（移动因特网）等多个领域延伸，结构清晰，体系完整。

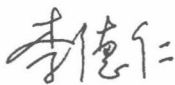
全书共 8 章，各章之间互有关联，又各有侧重。除了介绍 Web GIS 的基本原理和相关方法外，该书强调实践的重要性，通过 Web 服务器的使用、Web 网络开发技术的使用、Web GIS 应用技术的应用等实验性很强的内容，使学生由浅入深逐步地掌握 Web GIS 的基本原理和开发流程。近年来，新的 Web GIS 理论和方法的发展是很快的。该书在密切跟踪这些发展动态的同时，将一些新技术、应用热点、发展方向适当引入进来，例如，基于 SVG 的 Web GIS、基于 VRML 的网上虚拟地形、海量空间数据发布的关键技术、分布式空间数据组织、基于 Web Service 的开放式 GIS、移动 GIS 等。其中很多内容是第一次在教材中出现。Web GIS 的具体实验不能脱离商业化的 Web GIS 平台，该书以指南的形式，用一定篇幅介绍了 SuperMap IS 和 ArcIMS 这两个国内外著名的 Web GIS 开发平台，使学生能够掌握这两个商业平台基本的安装、调试、配置、开发等知识，这在同类教材中也是首创。这使学生能学有所长、学以致用，提高他们的动手能力，为日后从事相关的工作打下很好的基础。

该书是对国内外 Web GIS 相关理论与应用的有机集成。它不仅可以作为高年级本科生、

研究生的教材,也可以作为 GIS 工程技术人员、企事业单位的 Web GIS 规划人员、开发人员、维护人员的参考书。我们希望作者继续广泛收集国内外的相关资料,跟踪网格(Grid)技术和 Web GIS 相关的新方法、新技术、新应用、新动向,在将来的后续再版中,不断充实该书的内容,完善该书的体系,使该书成为地理信息系统教学领域的优秀教材和参考书。

中国科学院院士

中国工程院院士



2006 年 6 月

第一版前言

地理信息系统（GIS）是 20 世纪 80 年代兴起的一门综合性学科，空间信息服务是它基本的角色职能。目前，地理信息系统已在电力、水利、通信、交通、银行、城市规划、土地管理、资源环境保护等行业得到了广泛的应用。Web GIS 是地理信息系统的一个重要分支，它是 GIS 与 Internet 的有机结合。由于 Web GIS 应用的广泛性和未来的广阔前景，许多高校已把它作为本科生和研究生的必修（或选修）课程。

目前，地理信息系统专业的教材建设已经有了长足的发展，但就 Web GIS 这一分支来说，专门的教材还是很少。我们通过对当今国内外相关研究成果、应用状况的总结，结合自己在教学、科研、工程应用中的体会，编著了本书，力求在教学内容的选择与编排方面有所突破，便于学生有效掌握 Web GIS 的基本理论、基本方法和实验手段，为学生将来在 Web GIS 方面的研究与应用打下基础。

全书共 8 章，第 1 章是绪论，主要是 Web GIS 概述；第 2 章介绍计算机网络的基本原理；第 3 章讲解 Web GIS 基本原理，是学习本书的基础；第 4 章讲解 Web GIS 应用技术，介绍几种新兴的 Web GIS 技术；第 5 章讲解移动 GIS，重点介绍移动空间信息服务的关键技术；第 6 章讲解 ArcIMS 开发指南；第 7 章讲解 SuperMap IS 开发指南；第 8 章介绍 Web GIS 应用发展前沿。

本书的编著得到许多专家、同事的支持和帮助，在此表示衷心感谢。同时，要感谢颜立志、王炜、王海仙等几位研究生在本书编著过程中所做的工作。

马林兵

2006 年 6 月

目 录

第三版前言

第二版序

第二版前言

第一版序

第一版前言

第 1 章 绪论	1
1.1 Web GIS 的基本概念	1
1.2 Web GIS 的应用特点	1
1.3 本书特色	2
第 2 章 计算机网络的基本原理	4
2.1 计算机网络概述	4
2.2 TCP/IP 协议	10
2.3 关于 Web 的一些基本概念	14
2.4 Web 开发技术	17
第 3 章 Web GIS 基本技术原理	21
3.1 Web GIS 概述	21
3.2 实现 Web GIS 的基本方式	26
3.3 矢量切片技术原理	35
3.4 Web GIS 空间数据组织	45
第 4 章 Web GIS 技术应用方法	65
4.1 SVG 在 Web GIS 中的应用	65
4.2 GeoVRML 在 Web GIS 中的应用	73
4.3 WebGL 应用	80
4.4 基于 Web Service 的开放式 GIS	87
4.5 面向地图服务的 OpenAPI	95
4.6 面向地学应用的 Sensor Web 服务	102
第 5 章 移动 GIS	108
5.1 移动 GIS 概述	108
5.2 移动定位技术	110
5.3 移动空间信息服务	119
第 6 章 ArcGIS Server 开发指南	123
6.1 ArcGIS Server 概述	123
6.2 ArcGIS Server 的使用	133

6.3	ArcGIS Server 的开发框架	149
6.4	ArcGIS Runtime SDK for Android 开发简述	167
第 7 章	开源 Web GIS 平台	176
7.1	开源 Web GIS 平台介绍	176
7.2	GeoServer 使用介绍	179
7.3	基于 GeoServer 的 Web GIS 示例	203
主要参考文献		215

第1章 绪 论

19世纪是铁路的时代,20世纪是高速公路的时代,21世纪是网络的时代。互联网(Internet)的迅速崛起和在全球范围内的飞速发展,使万维网(world wide web, WWW 或 Web)成为高效的全球性信息发布渠道。这一技术正在以很快的速度进入千家万户,它将把地球变成一个“小小的村落”,网络时代已经来临。随着 Internet 技术的不断发展和人们对地理信息系统(geographic information system, GIS)的需求,利用 Internet 在 Web 上发布和出版空间数据,为用户提供空间数据浏览、查询和分析等功能,已经成为 GIS 发展的必然趋势。于是,基于 Internet 技术的地理信息系统——Web GIS 应运而生,Web GIS 为地理信息和 GIS 服务通过 Internet 在更大范围内发挥作用提供了新的应用平台。

1.1 Web GIS 的基本概念

地理信息系统是一项以计算机为基础的管理和研究空间数据的技术系统。围绕着这项技术的研究、开发和应用,形成了一门交叉性、边缘性的学科。在计算机软、硬件支持下,它可以对空间数据按地理坐标或空间位置进行各种处理,研究各种空间实体及其相互关系。随着分布式计算技术、面向对象的组件技术、网络技术的迅速发展,以及 Internet 在社会生活中的日益普及,出现了与 WWW 相结合的 GIS——Web GIS,并迅速成为目前 GIS 发展的最重要的方向。

Web GIS,简言之,就是利用 Web 技术来扩展和完善地理信息系统的一项新技术。由于超文本传输协议(hypertext transfer protocol, HTTP)采用基于客户机/服务器(client/server, C/S)的请求/应答机制,具有较强的用户交互能力,可以传输并在浏览器上显示多媒体数据,而 GIS 中的信息主要是需要以图形、图像方式表现的空间数据,用户通过交互操作,对空间数据进行查询分析。这些特点使得人们完全可以利用 Web 来寻找他们所需要的空间数据,并且进行各种操作。

互联网地理信息系统 Web GIS 是 Internet 技术应用于 GIS 开发的产物,是一种基于 Internet 的 Open GIS。一般把因特网中的 GIS 称为 WWW-GIS 或 Web GIS,中文名为万维网 GIS。Web GIS 就是以 WWW 的 Web 页面作为 GIS 软件的用户界面,把 Internet 和 GIS 技术结合在一起,能够进行各种交互操作的 GIS,它是一种大社会级的 GIS。Web 页面使用超媒体技术和超文本链接语言,使得对 WWW 的操作更富有灵活性和趣味性。以 Web 作为 GIS 的用户界面,将一改以往 GIS 软件用户界面呆板生硬的面孔,更利于 GIS 大众化。

随着移动互联网、移动定位技术、移动终端技术的发展,以移动设备(如智能手机、掌上电脑)为应用终端的移动空间信息服务成为新的热点,其实时性与便携性极大延伸了 Web GIS 的应用领域和应用模式,从而带动了很多新的行业应用。

1.2 Web GIS 的应用特点

传统 GIS 大多为独立的单机结构,空间数据采用集中式处理;而 Web GIS 采用了基于

Internet 的浏览器/服务器(browser/server, B/S)体系结构, 不同部门的数据可以分别存储在不同地点的 Server 上, 每个 GIS 用户作为一个 Client 端通过 Browser 与 Server 交换信息, 可以与网上其他非 GIS 信息进行无缝连接和集成。Web GIS 可以实现对各种传统 GIS 系统数据的相互操作和共享, 以便充分利用现有的数据资源。Web GIS 还可以用于 Intranet 以建立各部门内部的网络 GIS, 实现局部范围内的数据共享。Web GIS 不但改变了传统 GIS 的设计、开发和应用方法, 而且完全改变了空间数据的共享模式。Web GIS 涉及在网络(Internet/Intranet)环境下, 地理信息(图像、图形和与此相关的文本数据)的模型、传输、管理、分析、应用的理论与技术。作为地理信息系统的一种新形式, Web GIS 无论是在理论研究, 还是在应用方面都还处于蓬勃发展的阶段, 其最终目标是实现 GIS 与 WWW 技术的有机结合, 真正成为一种大众使用的工具。从 WWW 的任意一个节点, Internet 用户可以浏览 Web GIS 站点中的空间数据、制作专题图, 以及进行各种空间检索和空间分析, 从而使 GIS 进入千家万户。其应用特点可以分为以下几个层面。

1. 空间数据发布

由于能够以图形方式显示空间数据, 较之于单纯的 FTP 方式, Web GIS 使用户更容易找到需要的数据。

2. 空间查询检索

利用浏览器提供的交互能力, 进行图形及属性数据库的查询检索。

3. 空间模型服务

在服务器端提供各种空间模型的实现方法, 接收用户通过浏览器输入的模型参数后, 将计算结果返回。换言之, 利用 Web 不仅可以发布空间数据, 还可以发布空间模型服务, 形成浏览器/服务器(B/S)结构。

4. Web 资源的组织

在 Web 上, 存在着大量的信息, 这些信息多数具有空间分布特征, 如分销商数据往往包含其所在位置的属性, 利用地图对这些信息进行组织和管理, 并为用户提供基于空间的检索服务, 这些都可以通过 Web GIS 实现。

与传统的地理信息系统相比, Web GIS 的特殊性主要表现在以下方面。

- (1) 它必须是基于网络的客户机/服务器系统, 而传统的 GIS 大多数为独立的单机系统。
- (2) 它利用 Internet 进行客户端和服务器之间的信息交换, 这就意味着信息的传递是全球性的。
- (3) 它是一个分布式系统, 用户和服务器可以分布在不同地点和不同的计算机平台上。

1.3 本书特色

Web GIS 是地理信息系统学科的一个重要分支领域, 是地理信息系统(GIS)技术与互联网(Web)技术的有机结合。由于 Web GIS 应用的广泛性和未来的广阔前景, 目前许多高校已把它作为本科生和研究生的必修(或选修)课程, 同时在实际工程应用中也需一本参考书。

Web GIS 涉及了很多互联网(Web)的网络开发技术, 以及 GIS 项目的应用开发技术, 具有很强的实用性和可操作性, 经过多年的教学和项目实践, 作者编写了本书并不断完善。本书具有以下几点特色。

1. 注重知识的“博”与“专”的结合

Web GIS 所涉及的技术领域非常多,有计算机网络技术、Web 开发技术、GIS 技术等,其中任何一样都可作为一门单独的课程,若要面面俱到是很难的。本书广泛收集了与课程有关的预备知识,加以适当的精简和提炼。同时,系统地总结、详细地整理了国内外 Web GIS 理论和方法的成果,并进行了归纳分类、分析、比较,结合我国各高等院校地理信息系统教育的实际经验,并融合我们近年来在 Web GIS 的理论、技术方法、工程应用方面的成果,使得本书在知识的“博”与“专”两个方面得到适度的结合。

2. 密切跟踪前沿知识的发展,并适当引入

近几年来,新的 Web GIS 理论和方法的发展是很快的,在密切跟踪这些发展动态的同时,将一些新技术、应用热点、发展方向适当引入本书,如 GeoJSON、GeoVRML、WebGL、矢量切片技术、室内定位技术、分布式空间数据组织、基于 Web Service 的开放式 GIS、Sensor Web、移动空间信息服务等。

3. 兼顾理论和实践,将信息技术与课程融合

除了学习 Web GIS 的基本原理和相关方法外,本书还强调实践的重要性,通过 Web 服务器的使用、Web 网络开发技术的使用、Web GIS 应用技术的使用等实验性很强的内容,使读者由浅入深掌握 Web GIS 的基本原理和开发流程。

4. 引入了商业化 Web GIS 平台及开源的 Web GIS 平台

本书以指南的形式,用一定篇幅介绍了商业的 Web GIS 平台 ArcGIS Server 和开源的 Web GIS 平台 GeoServer,使读者能够学习这两个平台基本的安装、调试、配置、开发等知识,以提高他们的动手能力,为日后从事相关工作打下良好基础。

第2章 计算机网络的基本原理

本章内容主要包括：计算机网络概述、TCP/IP 协议、关于 Web 的一些基本概念、Web 开发技术等。

2.1 计算机网络概述

2.1.1 计算机网络的发展

1. 计算机网络的概念

现代计算机网络系统简称计算机网络，是建立在分组交换技术基础上的一种通信体系。分组交换技术是指在分组交换网中采取存储-转发方式，将一份长报文划分为若干个定长的报文分组，以分组作为传输的基本单位。因此，当源主机要发送一份报文时，需首先进行报文分解，再逐个分组地发送。网络的中继节点则先将分组接收下来存储在定长的缓冲区中，再选择一条适当的传输路径将分组转发出去。以分组为单位进行传输，不仅大大简化了对计算机存储器的管理，还加快了信息在网络中的传输速度。因为分组交换网较之报文交换网和线路交换网具有一系列的优点，所以它已成为计算机网络的主流。

计算机网络系统是由网络操作系统和用以组成计算机网络的多台计算机，以及各种通信设备构成的。在计算机网络系统中，每台计算机都是独立的，任何一台计算机都不干预其他计算机的工作，它们之间的关系是建立在通信和资源共享上的，所以计算机网络的定义为：将地理位置不同、并具有独立功能的多个计算机系统通过通信设备和线路连接起来，以功能完善的网络软件实现网络中资源共享的系统，称为计算机网络系统。它包括以下三个方面的内容。

(1) 计算机网络是由两台或两台以上的计算机连接起来的系统。

(2) 两台或两台以上的计算机之间交换信息、数据必须有一条通信通道。

(3) 计算机之间通信和交换信息需要有共同遵守的规则，这就是协议。计算机网络软件就是根据协议开发出的软件。

计算机网络是突破地理范围限制集合的大量计算机设备群体，它们彼此用物理通道互联，并遵守共同的协议而进行数据通信(协议是计算机与计算机进行通信时，通信双方共同遵守的一组规则)，从而实现用户对网络系统中各互联计算机设备群体的共享。计算机网络是人们彼此进行交流的工具，它能促进人们进行广泛的思想交流，促进知识迅速更新，使信息得到充分利用和实现系统资源共享。

2. 计算机网络的发展

1) 远程联机系统阶段

在计算机网络发展过程中，第一个阶段为远程联机系统阶段(图 2.1)。它是面向终端的计算机通信系统。远程联机系统在数据传输方面利用公用电话网系统传输计算机或计算机数字终端信号的技术实现了计算机技术与通信技术的结合，为计算机网络系统的研究和开发奠定了

基础。远程联机系统称为第一阶段计算机网络系统。

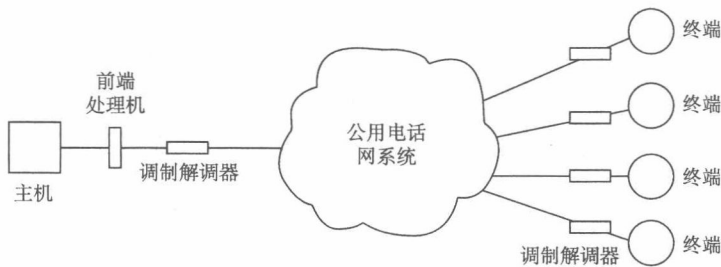


图 2.1 远程联机系统

2) 计算机互联阶段

报文分组交换概念的提出与应用，使计算机网络的通信方式由终端与计算机之间的通信，发展到计算机与计算机之间的直接通信，即计算机互联阶段计算机网络系统(图 2.2)。各计算机通过通信线路连接(直接连接或通过公用电话网)，相互交换数据，传送软件，实现了网络中连接的计算机之间的资源共享。

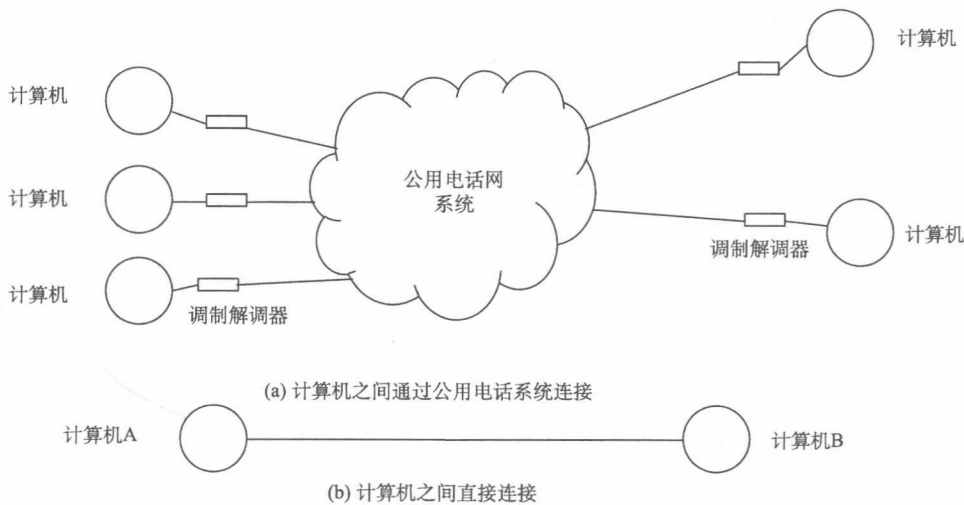


图 2.2 计算机互联系统

3) 标准化系统阶段

计算机网络系统是非常复杂的系统，计算机之间相互通信涉及许多复杂的技术问题，需要建立一个开发的计算机网络互联标准，使不同的体系结构的产品能很容易地得到互联。国际标准化组织(International Organization for Standardization, ISO)于 1977 年成立了专门的机构来研究该问题，在 1984 年正式颁布了开放系统互联(open system interconnection, OSI)基本参考模型的国际标准，这就是第三代计算机网络。

OSI 参考结构如图 2.3 所示。



图 2.3 OSI 基本参考模型

- (1)物理层：确定如何在通信信道上传输比特流，包括网络物理结构、传输介质的规程、位传输的编码与定时规则。
- (2)数据链路层：数据链路层负责在两个相邻结点间的线路上，无差错地传送以帧为单位的数据，每一帧包括一定数量的数据和一些必要的控制信息，控制信息包括同步信息、地址信息、差错控制及流量控制等。
- (3)网络层：在计算机网络中进行通信的两个计算机之间可能要经过许多个节点和链路，也可能要经过几个通信子网。在网络层，数据的传送单位是分组和包。网络层的任务就是选择合适的路由和交换结点，使发送站的运输层所传下来的分组能够正确无误地按照地址找到目的站。
- (4)运输层：运输层的任务是根据通信子网的特性最佳地利用网络资源，并以可靠和经济的方式，为两个端系统(也就是源站和目的站)的会话之间建立一条运输连接，以透明地传送报文。运输层为上一层提供一个可靠的端到端的服务。
- (5)会话层：会话层不参与具体的数据传输，但它对数据传输进行管理。会话层在两个互相通信的应用进程之间建立、组织和协调其交互。
- (6)表示层：表示层主要解决用户信息的语法表示问题。表示层将欲交换的数据从适合于某一用户的抽象语法，变换为适合于 OSI 系统内部使用的传送语法。有了这样的表示层，用户就可以把精力集中在他们所要交谈的问题本身。
- (7)应用层：应用层确定进程之间通信的性质以满足用户的需要，负责用户的语义表示。应用层不仅要提供应用进程所需要的信息交换和远地操作，还要作为相互作用的应用进程的用户代理。

4) 网络互联与高速网络系统阶段

进入 20 世纪 90 年代，计算机技术、通信技术及建立在互联计算机网络技术基础上的计算机网络技术得到了迅猛的发展，特别是 1993 年美国宣布建立国家信息基础设施(national information infrastructure, NII)后，许多国家也纷纷制定和建立本国的 NII，从而极大地推动了计算机网络技术的发展，使计算机网络进入一个崭新的阶段，这就是计算机网络与高速网络阶段。目前，全球以 Internet 为核心的高速计算机互联网络已经形成，Internet 已经成为人