

ArcGIS 中坐标系的定义及投影转换方法

张卫东

(安徽省环境信息中心 合肥 230001)

摘 要 本文就安徽省 GIS 项目中地理数据所涉及的多种坐标系及地图投影转换等问题作了详细分析,并在 ESRI 公司的 ArcGIS 软件平台上介绍了不同坐标系的定义及投影转换方法。

关键词 坐标系;地图投影

1 问题的提出

GIS 技术在安徽省环保工作中已应用多年,现有多套基于不同坐标系的地理数据,如全省 1:5 万的北京 54 坐标系数据,主要城市 1:1 万的西安 80 坐标系数据, GPS 采集的 WGS84 坐标系数据以及同是北京 54 坐标系但不同投影的遥感解译数据等,这些不同坐标系的数据给我们的使用带来了困难:如何将遥感解译数据和不同的地理数据转换到一起, GPS 采集的经纬度数据如何正确加载到地图上,以前在北京 54 坐标系上使用的数据又如何转换到新的西安 80 坐标系上来?通过摸索,本人找到了解决问题的一些方法,现介绍如下,首先介绍一下相关的几个概念。

2 相关概念

由于 GIS 所描述是位于地球表面的空间信息,所以在表示时必须嵌入到一个空间参照系中,这个参照系统就是坐标系,它是根据椭球体等参数建立的。另外,为了能够将地图从球面转换到平面,还要进行投影。

2.1 椭球体(Spheroid)、基准面(Datum)、坐标系(Coordinate System)及投影(Projection)

尽管地球是一个不规则的椭球,但为了将数据信息以科学的方法存放到椭球上,我们需要用一个可以量化计算的椭球体作为地球的模型。这样的椭球体用长半轴 a (semimajor axis),短半轴 b (semiminor axis), 偏心率倒数 $1/f$ (Inverse flattening) 来描述,这三个参数数学关系为: $1/f = a/(a-b)$, 实际中我们一般用长、短半轴两个参数来表示就可以了,根据需要人们定义了多种参考椭球体模型。然而有了这个椭球体还不够,还需要一个大地基准面将这个椭球定位,它的作用是来确定地球与椭球体之间的位置关系,由于每个国家或地区需要最大限度的贴合自己的那一部分不同,基准面也不同。

有了基于椭球体参数的基准面,再加上角度单位 (Angular Unit) 和本初子午线 (Prime Meridian),就定义了地理坐标系 (Geographic Coordinate System),图 2 清楚地表明了这一点。

但地理坐标系是用经纬度表示球面的位置,很多时候我们精确分析需要在平面上来进行,这就要将地图从三维地理坐标通过投影转换成二维平面坐标,这样的坐标系叫投影坐标系 (Projection Coordinate System),它是在地理坐标系上加上投影转换参数 (图 4)。

由于从球面到平面的转换会引起距离、面积、形状、方向一个或多个空间属性的变形失真，没有一种投影转换能保持所有的空间属性不变。所以一些地图投影通过损失其他空间属性来使某一属性失真最小，而另一些地图投影则努力平衡全部空间属性的失真，现有数百种地图投影，它们各自适合于表示整个地球表面或某些区域的不同需求，如我国 1：50 万和更大比例尺地形图使用的是高斯-克吕格（Gauss-Kruger）投影，它没有角度变形，在长度和面积上变形也很小，通过分带投影后能保证很高的精度（图 4），而遥感解译数据常采用阿尔勃斯（Albers Equal-Area Conic）投影，它是等面积割圆锥投影，可以保持面积不变（图 5）。

2.2 三种主要坐标系

北京 54、西安 80、WGS84 坐标系这是我国目前所用到的。

建国前我国没有统一的坐标系统，新中国成立后，由于缺少必要的资料，将苏联坐标系引伸到我国，定名为“1954 年北京坐标系”，简称“北京 54”。我们现有的大部分数据都是北京 54 坐标系。但当时受技术条件限制，存在明显的累积误差、点位精度较低、现势性差等问题。

为了克服这些问题，1980 年前后我国建立了新的坐标系，大地原点设在陕西泾阳县永乐镇，位于西安市西北方向约 60km，简称西安 80，现在测绘部门所做的基础地理数据大都是以此为标准，这也是我们今后 GIS 项目中首选的坐标系。

WGS84 坐标系是一种国际上采用的地心坐标系，它以地球的质心作为坐标原点，即要求椭球体的中心与地心重合。人造地球卫星绕地球运行时，轨道平面时时通过地球的质心，前面介绍的本地坐标系虽能很好地拟合局部地球表面却不能满足精确推算轨道与跟踪观测的要求（图 1）。因此建立精确的地心坐标系对于卫星大地测量、全球性导航和地球动态研究等具有重要意义。

WGS84 是目前 GPS 所采用的坐标系统，我省在污染监测、自然保护工作中使用 GPS 采集了大量数据，这些数据默认情况下均为 WGS84 坐标系。

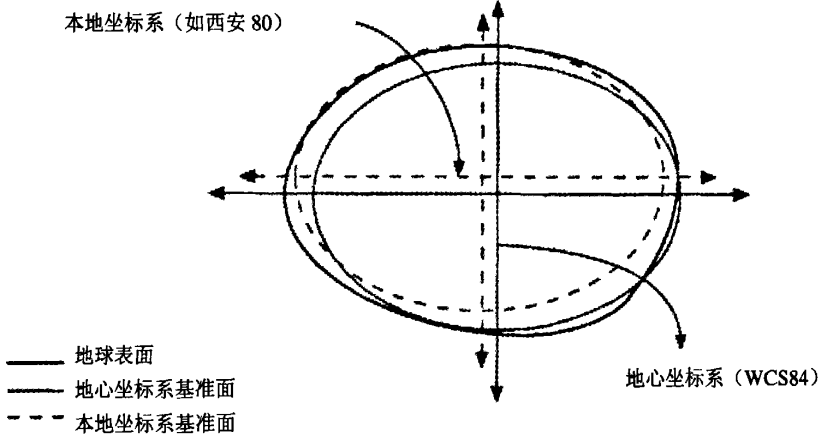


图 1 不同基准面的坐标系

这三套坐标系的椭球体参数参见表 1。

表 1 不同坐标系的椭球体参数

坐标系	椭球体	长半轴	短半轴
北京 54	Krassovsky-1940	6378245	6356863.0188
西安 80	IAG 75	6378140	6356755.2882
WGS 84	WGS 84	6378137	6356752.3142

3 坐标系定义及投影转换

ArcGIS 是美国环境系统研究所 (ESRI) 推出的新一代 GIS 系列产品, 是世界上应用广泛的 GIS 软件之一, 由国家环保局实施的省级 B-1 及 100 个重点城市项目中选用此软件作为 GIS 开发平台, 这里主要以 ArcGIS 8.2 中 Arc Toolbox 模块来介绍具体方法。

3.1 坐标系参数的设置

图 2 至图 5 是 ArcGIS 中设置坐标系参数的属性框。图 2 是系统预定义的北京 54 地理坐标系, 图 3 是根据表 1 进行自定义的西安 80 地理坐标系。图 4、图 5 都是基于北京 54 但不同投影的坐标系, 图 4 是高斯-克吕格投影, 图 5 是阿尔勃斯投影。

由此可知, 每坐标系都是用地理坐标系或投影坐标系这两种具体方式来表示, 而在投影坐标系中又可选用不同的投影。

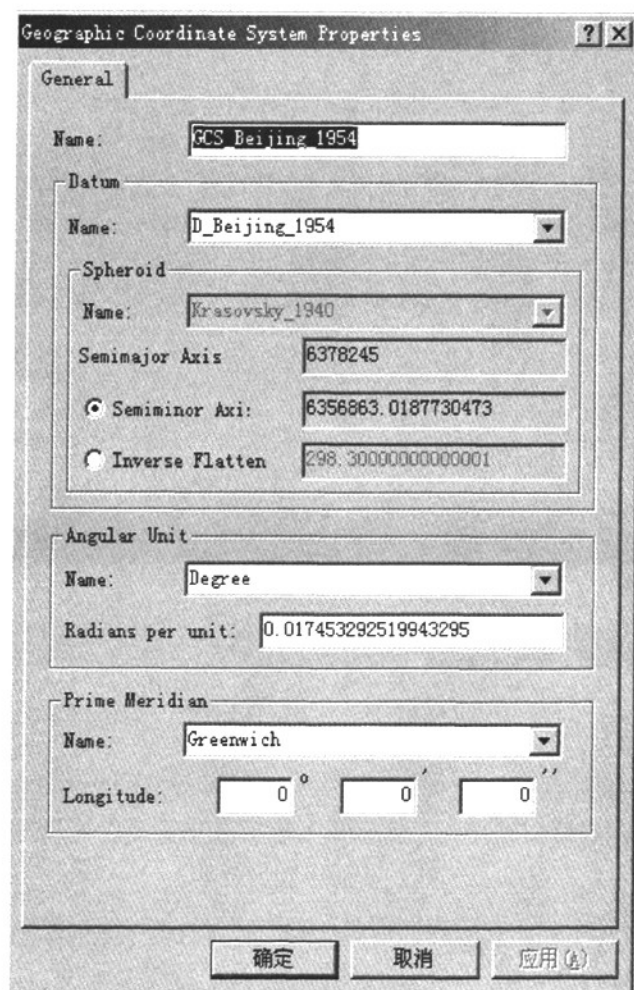


图 2 北京 54 地理坐标系 (北京 54)

图 5 是根据下面遥感解译数据提供的投影参数设置的:

投影方式 (Projection): Albers Equal-Area Conic Projection

投影椭球体 (Spheroid): Krassovsky

中央经线 (Longitude of Central Meridian): 110°

参考纬度 (Latitude of Projection Origin): 12°

双标准纬度 (Latitude of standard Parallels):

标准纬线 1 (Parallel 1): 25°

标准纬线 2 (Parallel 2): 47°

东移假定值 (False Easting): 0

北移假定值 (False Northing): 0

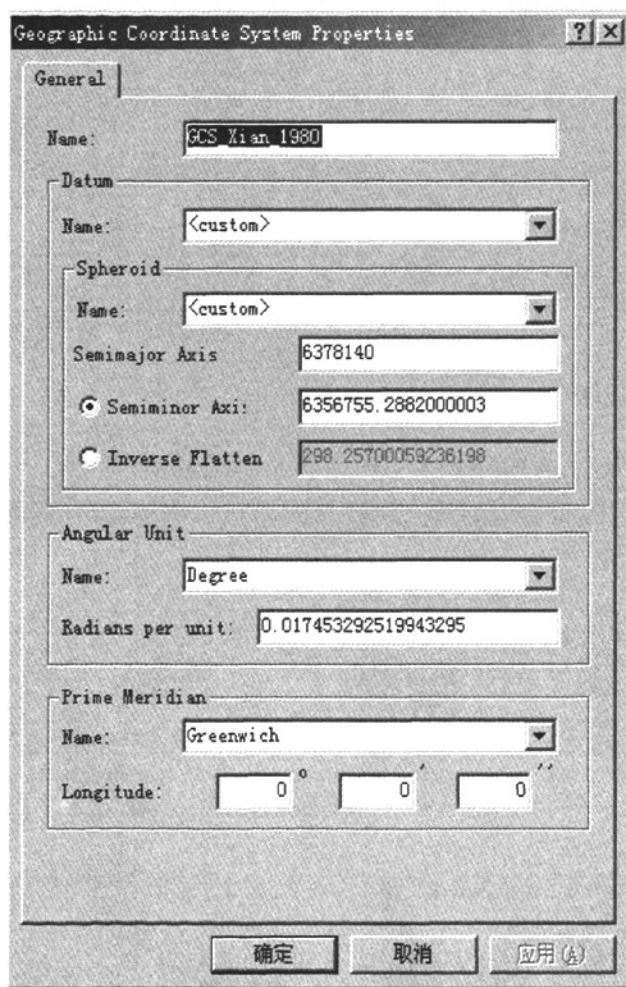


图 3 自定义的西安 80 地理坐标系 (西安 80)

3.2 坐标系的定义

每个地理数据都应该有自己的坐标系, 以 shapefile 数据格式为例, 它应该有一个同名的.prj 文件来存储坐标系参数, 如果没有该文件, 这个 shapefile 数据就不知道自己的坐标系, 像由 GPS 采集的数据直接生成 shapefile 文件后就可能没定义坐标系, 可用下面方法来定义。

打开 ArcToolbox->Data Management Tools->Projections->Define Projection Wizard (shapefiles), 输入要定义的 shapefile 数据文件名后, 点击 Select Coordinate System 就打开如图 6 所示的空间参考属性框。

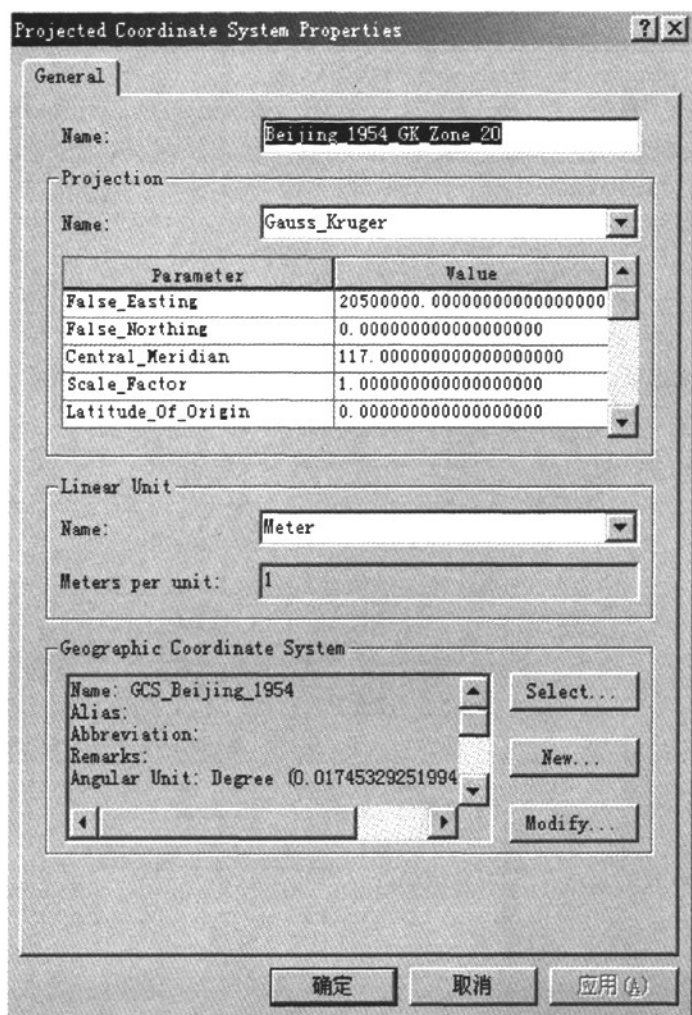


图4 北京 54 高斯-克吕格投影坐标系（北京 54 高斯投影）

ArcGIS 提供了许多预先定义的坐标系，是以.prj 文件存放的。一般我们可在预定义中进行选择，如 GPS 采集的数据，点击 Select->Geographic Coordinate System->World->WGS 1984.prj 就定义了它为 WGS84 坐标系；我们也可点击 Import 用某个已有数据的坐标系来定义；还可以通过点击 New 输入相应参数来自定义（图 3）。

3.3 同一基准面不同投影的数据转换

我们遥感解译数据是北京 54 阿尔勃斯投影坐标系（图 5），1：5 万的基础地理数据是北京 54 高斯-克吕格投影坐标系（图 4），这些数据都是北京 54 同一基准面，如果这两种数据要转换，就可以按照一定的投影转换数学公式进行，这种转换都是严密的，一般 GIS 软件都提供这种换算。

打开 ArcToolbox->Data Management Tools->Projections ->Feature->Project Wizard (shapefiles)，按提示输入待转换的数据（已定义坐标系），要转出的数据，要转出数据的坐标系，即可完成。

3.4 不同基准面的数据转换

如果北京 54 的遥感解译数据与西安 80 数据进行转换，就是北京 54 基准面和西安 80 基准面

的数据转换，同样北京 54 坐标系上使用的数据转到西安 80 坐标系上也是这两个基准面之间的转换，GPS 采集的经纬度数据加载到数字地图上，是 WGS-84 基准面和本地基准面（如北京 54 基准面或西安 80 基准面）之间的转换，这些都属于不同基准面的数据转换，由于是不同的基准面，转换是不严密的，也没有一套转换参数可以全国通用，在每个地区会不一样。我们常用的转换法有七参数法（也叫 Coordinate Frame、Position Vector）、三参数法（Molodensky）等。七参数法一般用于转换精度要求较高的计算，如果区域范围不大、精度要求不高也可用三参数等方法，这些参数可由当地测绘部门提供，也可根据工作区内几个控制点在两种坐标系中的数值由相应算法求得（目前也有很多根据此算法编写的小程序）。

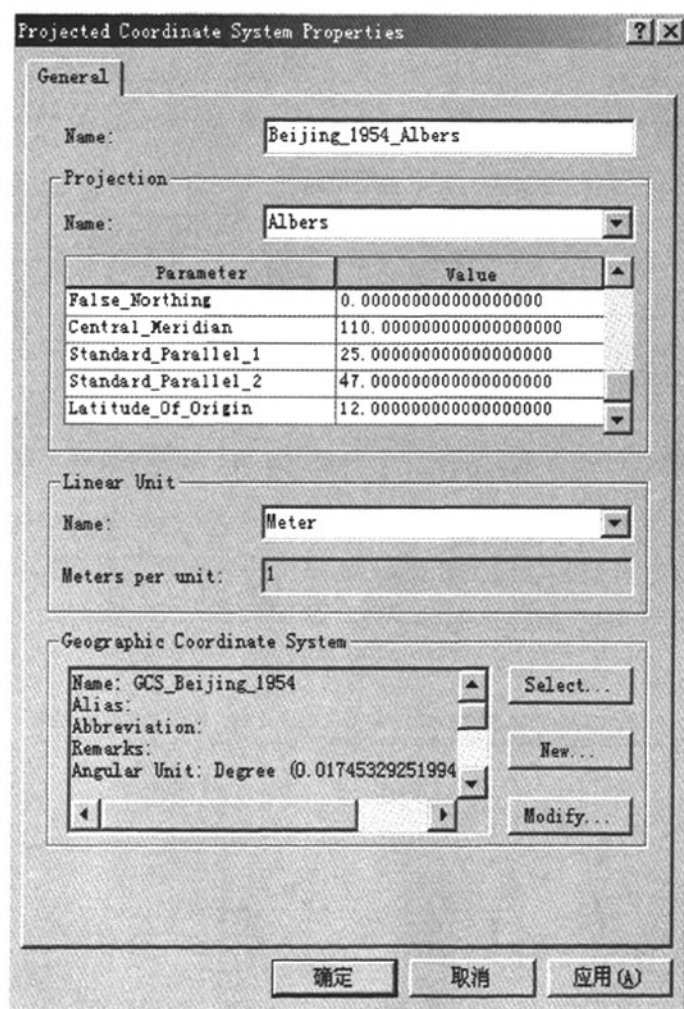


图 5 北京 54 阿尔勃斯投影坐标系（北京 54 阿尔勃斯投影）

现以 WGS84 坐标系的 GPS 数据转换为北京 54 坐标系为例，还是打开 ArcToolbox->Data Management Tools->Projections->Feature->Project Wizard (shapefiles)，按提示输入已定义坐标系的待转换的数据，要转出的数据，要转出数据的坐标系，由于不是同一基准面，系统要求设置地理转换，点击 Set Transformation，在出现 Geographic Coordinate System Transformations 对话框中有系统提供的一些坐标系转换，但没有 WGS84 与北京 54 的转换，点击 New 出现新建地理转换框，如图 7 所示，选择一种转换方法，再输入相应参数，系统就可根据参数来转换了。

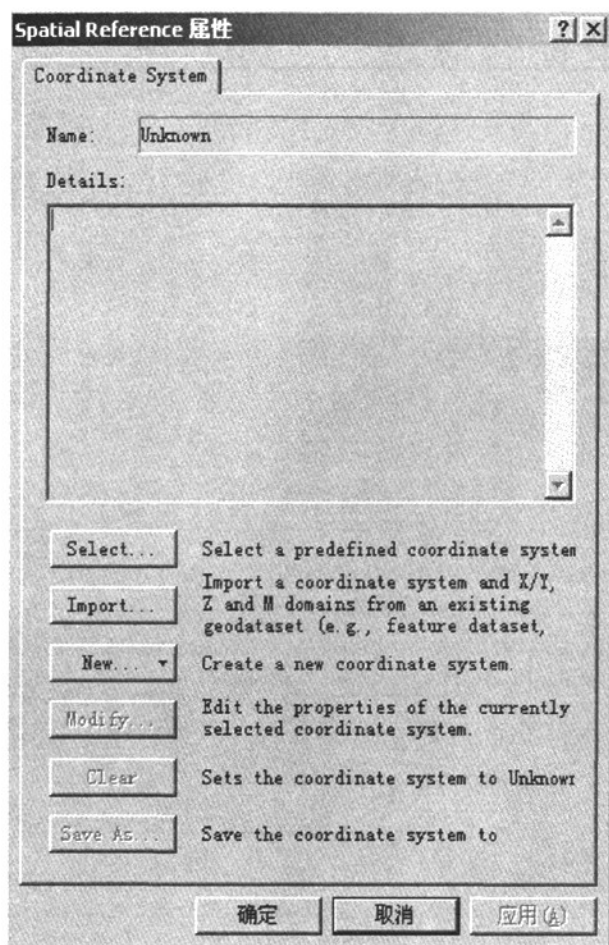


图6 空间参考属性

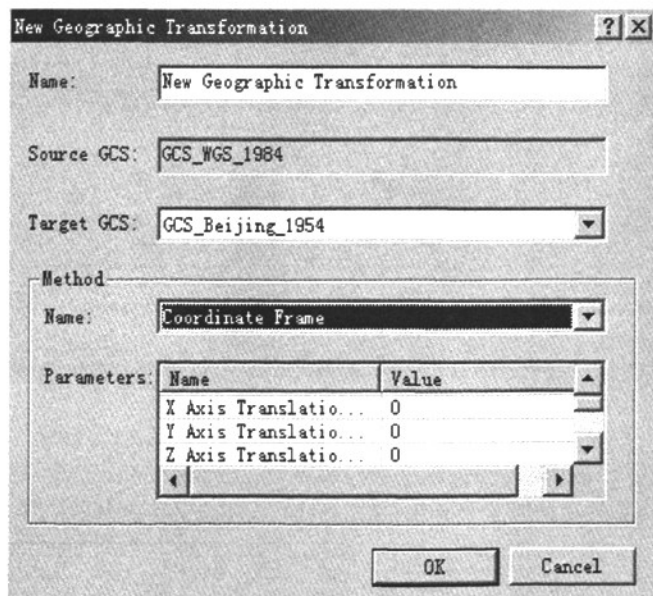


图7 新建地理转换

3.5 ArcMap 加载数据时的动态转换

以上介绍了坐标系定义和投影转换的过程，这些工作应在 ArcMap 加载数据前完成，但有时我们并没有对数据进行这些处理，在 ArcMap 也可以直接添加显示，这是由于 ArcMap 加载数据时自动进行了一些处理（但有些 GIS 软件并不进行自动处理，如 ESRI 公司的早期产品 ARC VIEW3.2），具体过程是：首先空的数据框没有定义任何坐标系，如果这时定义数据框属性的坐标系即为默认坐标系，以后添加的数据都自动转换到此坐标系（如果是不同基准面就提示自动转换会产生精度误差），而且这些数据只是在显示时动态转换到默认坐标系，其数据并没有真正被转换；如果空的数据框不定义坐标系，则第一个添加的数据坐标系为默认坐标系；如果添加的第一个数据也没有坐标系，ArcMap 就进行判断，如果符合横轴方向值在-180 到 180，纵轴方向值在-90 到 90 之间，就赋予一个美国的 NAD27 地理坐标系作为默认坐标系，如果超出上面的取值范围，就会提示“丢失空间参考信息，不能进行投影”，但仍然可以显示数据（单位未知）。

显然，这样做很容易出现问题，如 ArcMap 开始添加的数据是西安 80 坐标系数据（即默认坐标系），而再添加的 GPS 采集数据也未定义坐标系，这样在 WGS84 下采集的经纬度数据就被认为是西安 80 坐标系下的经纬度数据了，由前面介绍可知，地球上的同一点在不同坐标系下的经纬度值是不同的，这在小比例尺上可能表现不出来，但在 1:1 万甚至更大比例尺上就不能忽视了，所以 GPS 采集的经纬度数据必须要定义好坐标系再转换后才能正确加载到已有的数字地图上。

4 总结

GIS 中的坐标系定义是 GIS 系统的基础，正确定义 GIS 系统的坐标系非常重要。

GIS 的一个基本原则是用在一起的地图图层必须基于相同坐标系，随着 GIS 应用的广泛，越来越多的 GIS 项目使用不同的坐标系（有些项目采用当地定义的坐标系），如果要将这些项目中的地图数据放在一起使用，那么使用前必须先经过处理，也就是要进行转换，这属于一个 GIS 项目的前期任务。

由于坐标系和投影涉及概念较多，在很多情况下实现起来也很复杂，在此本人仅通过 ArcGIS 软件介绍了实际工作中常见问题的解决方法，很多方面没有展开，希望能得到相关方面专业人士的进一步指导。

参 考 文 献

Kang-tsung Chang 著，陈健飞等译，地理信息系统导论，北京：科学出版社，2003

马永立，地图学教程，南京大学出版社，2000 年

GPS 全球定位系统测量规范，GB/T 18314-2001

Melita Kennedy and Steve Kopp, Understanding Map Projections, GIS by ESRI

作者：[张卫东](#)

作者单位：[安徽省环境信息中心 合肥 230001](#)

相似文献(10条)

1. 期刊论文 [施一民, 朱紫阳, 陈月梅, SHI Yimin, ZHU Ziyang, CHEN Yuemei](#) [减小长度投影变形的一种地图投影新方法](#)

[- 同济大学学报 \(自然科学版\) 2007, 35 \(3\)](#)

以规则的经纬网格为单元, 以每4个网格角点所构成的平面来切割并逼近椭球面, 椭球面上同纬度的点均以椭球短轴上的相应点为投影中心投影到各切割平面, 采用这种类似楔形的投影方式, 将减小长度投影变形的最大值, 并使相邻图幅之间保持空间连续, 突破了传统地图投影的禁锢, 基于新大地坐标系对这种新的地图投影方法进行理论研究和数据验证。

2. 学位论文 [周念东](#) [基于嵌入式Linux的GPS导航系统的研究与实现](#) 2005

随着GPS系统在包括道路测控、汽车导航、交通管理、石油勘探、海上作业和紧急救援等军事和民用的众多领域中的应用和发展, GPS系统的影响也越来越广泛。另一方面, 不断发展的嵌入式操作系统使移动计算技术在手持设备中也得到广泛的应用, 以掌上电脑(PDA)为代表的移动式计算系统日益普及, 在手持式设备中实现GPS移动导航功能具有良好的市场前景。

本课题选择Linux为嵌入式操作系统, 并采用Trolltech公司Qt/Embedded为应用程序开发平台, 研究应用于手持终端设备的GPS导航系统的实现方案, 开发具有自主知识产权的导航系统。

坐标系统转换和地图投影是GPS导航系统中的核心技术。本文首先分析GPS系统中地理坐标系的定义和坐标转换基本原理, 从大地坐标系、空间直角坐标系以及国家当地坐标系的概念入手, 研究大地地心坐标系与空间直角坐标系以及当地国家坐标系的关系, 并研究从大地地心坐标系转换为国家当地坐标系的转换算法, 研究地心坐标系到平面直角坐标系的转换方法, 并推导了相应的转换公式。

在我国导航系统中应用上述转换算法, 实现WGS-84坐标系到北京54坐标系或西安80坐标系的转换, 利用高斯正形投影算法实现地图投影, 减小投影变形。研究横轴墨卡托投影、兰勃特投影以及线性投影等其它坐标投影方式, 实现地理经纬度坐标到平面直角坐标的转换, 支持多比例尺地图。通过GPS数据接收装置, 检测卫星状态并获取地理信息, 研究如何快速有效的获取可用于定位的坐标信息的数据处理方法。

根据设备体积小、功耗低、人机界面简单易用以及运行稳定、操作简单、处理速度快的系统要求, 选择IntelXscale系列应用处理器PXA255作为处理器平台, 构建系统硬件平台。选择OpenSource的Armlinux作为嵌入式操作系统以及选择Qt/Embedded为GUI平台, 搭建了软件开发环境, 完成了Armlinux的系统移植, 并实现了TIMB-E010-2GPS模块的设备驱动, 设计和实现了GPSD数据通信模块, 改善了GPS数据接收与GPS导航应用之间的数据通信接口。根据坐标系统转换以及地图投影算法的研究成果, 使用C和C++语言采用面向对象编程技术进行了程序编码, 实现了定位、导航、轨迹显示/地图下载和设置等功能。

本文最后给出了目标系统的实验结果, 并分析了系统设计中的一些不足, 提出了在以后工作中改进系统性能设想。

3. 期刊论文 [易会战, 蔡勋, 宋君强, 单调红](#) [地图投影中的一种新的向量显示方法](#) [- 计算机研究与发展 2003, 40 \(2\)](#)

在地球、空间、环境和气象等领域, 全球数据的可视化是经常面临的一个问题。由于地球是一个不可展曲面, 在平面上直接表示球面上的向量数据存在着误差, 对直接表示方法存在的问题进行了讨论, 提出了一种新的基于地图投影的向量可视化方法, 并给出了球坐标系下的向量可视化方法, 推导出坐标和向量的变换公式, 基于新的坐标和向量变换公式进行了试验对比, 证明新方法能够得到更好的向量表示。

4. 期刊论文 [张欣英, 李欣, 朱美正, ZHANG Xin-ying, LI Xin, ZHU Mei-zheng](#) [组件式空间参照系统的研究](#) [- 计算机工程与设计 2007, 28 \(17\)](#)

空间参照系统是描述地球上各地理要素空间特性的框架, 是GIS系统的基础。参照ArcGIS空间参照系统的设计框架, 遵循OGC发布的有关地图投影的接口和组件对象的规范, 设计并实现了一个基于组件技术的空间参照系统。对地图投影和参照系进行了研究, 介绍了空间参照系统的重要意义, 论述了空间参照系统的设计思想和目标, 并给出了该系统的体系结构, 分析了提高该系统实用性应注意的问题和方法。

5. 期刊论文 [黄永忠, Huang Yongzhong](#) [新技术条件下地方独立坐标系的建立](#) [- 矿山测量 2005, "" \(2\)](#)

常规测量技术条件下所定义的地方独立坐标系, 只注重控制长度变形, 与独立坐标系相对应的参考椭球几何参数不详, 更不讨论相关的大地基准面, 无法满足GPS测量和地方GIS系统的建设需要。新技术条件下, 在选择地方独立坐标系时, 应当说明区域性椭球的几何参数、当地基准面向World Geodetic System of 1984转换的7个参数、地图投影。

6. 学位论文 [杜华](#) [GIS中电子地图坐标系的转换研究与实现](#) 2007

本文对GIS中电子地图坐标系的转换进行了研究。文章论述了空间参照系统、地图投影及常用坐标系等基础知识, 研究了在GIS中坐标系转换的算法, 深入探讨了WGS-84坐标变换为BJ-54坐标的七参数转换模型。通过VC++编程构建坐标转换实验系统, 实现了WINDOWS窗口界面化的输入和显示方式, 快速实现了坐标系之间的一系列转换, 并以WGS-84坐标转换为BJ-54坐标为例子, 说明了其转换过程。

7. 期刊论文 [徐建刚, 朱承霖](#) [MapInfo中的坐标系与地图数据的转换](#) [- 现代测绘 2003, 26 \(3\)](#)

本文就MapInfo系统中地图投影坐标系和有关GIS数据的转换作了一些有益的探讨, 并就目前比较多的各种地图数据转换成经纬度投影坐标(例如: WGS84投影坐标)进行了尝试和研究, 以供各位读者参考, 也希望相关方面的专业人士能给予纠正及补充。

8. 期刊论文 [何兴燕, HE Xing-yan](#) [基于Mapinfo的福州地区坐标系定义与转换](#) [- 露天采矿技术 2007, "" \(2\)](#)

坐标系是空间数据的基准, 也是地理信息系统的基础, 正确定义GIS系统的坐标系至关重要。介绍了基于Mapinfo的坐标系的定义方法和不同坐标系间转换途径; 以福州地区为例, 通过修改Mapinfo.prj文件中坐标参数来定义该地区坐标系, 并在该地区实现我国常用坐标系间的转换; 最后提出需要进一步解决的问题。

9. 会议论文 [魏国辉, 杜海涛, 王强](#) [MAPX开发中GIS坐标系定义与转换问题](#) 2006

GIS中的坐标系定义是GIS系统的基础, 正确定义GIS系统的坐标系非常重要。GIS中的坐标系定义由基准面和地图投影两组参数确定。本文介绍了MAPX二次开发中基准面的定义, 北京54与西安80坐标之间的转换问题。

10. 会议论文 [李辉](#) [GIS中的坐标系定义与转换](#) 2006

GIS中的坐标系定义是GIS系统的基础, 正确定义GIS系统的坐标系非常重要。GIS中的坐标系定义由基准面和地图投影两组参数确定, 而基准面的定义则由特定椭球体及其对应的转换参数确定。本文详细介绍了地球椭球体(Ellipsoid)、大地基准面(Datum)及地图投影(Projection)三者的基本概念及它们之间的关系。

