

我国地球空间数据框架的设计思想与技术路线*

李德仁 龚健雅 朱欣焰 梁宜希

(武汉测绘科技大学校长办公室,武汉市珞喻路 129 号, 430079)

摘要 根据当前我国基础地理信息系统的发展态势,较为详尽地讨论了 1:1 万至 1:5 万基础地理信息系统的设计思路,提出了地球空间数据框架(DGDF)的概念,即基于数字正射影像和 DEM 及与若干层矢量框架数据(如大地控制、交通图、水系、境界、行政边界、注记等)的整体集成的栅格-矢量一体化空间数据库,目的在于尽快建立起有活力的和可更新的国家及省级基础地理信息系统。还详尽讨论了建立基础地理信息系统的主要技术路线和数据采集与数据处理的工艺流程。

关键词 地球空间数据框架;数字正射影像;数字高程模型;数字线划图

分类号 P208 P231.5

我国基础地理信息系统按比例尺划分,可分为 1:100 万、1:25 万、1:5 万和 1:1 万 4 种。按照基础测绘分级管理机制和各省(市、自治区)对基础地理信息的需求,1:1 万基础地理信息的建设与更新以省(市、自治区)为单位进行。生产 1:1 万到 1:5 万基础地理信息有多种产品形式和多种技术手段,但是按照原有的地形图规范和图式生产地形图全要素数字矢量地图,要耗费大量的人力、物力,无法满足快速建库与更新的要求。以广东省为例,全省 17.8 万 km²共有 6 500 多幅 1:1 万地形图,全要素地图矢量化以每幅图 0.2 个人年计算,将需要花费 1 300 个人年。就是说,130 个人作数据采集,需要花费 10 年时间。显然,这种方案不符合我国国情。美国虽然在十多年以前就开始了 1:24 000 数字线划地图(DLG)的建库工作,但至今仍然有大量地图未能数字化入库。因而,美国从 1994 年起推行“地球空间数据框架(Digital GeoSpatial Data Framework)”的建库方案。该框架以数字正射影像为主,在生产数字正射影像的同时,生产数字高程模型,另外再叠加大地控制点、交通、水系、行政边界和公用地籍等矢量数据。这种框架使地理空间数据更新迅速,现势性强,内容直观,可加工性好。

由于计算机技术的迅速发展,计算机内外存容量、运算速度已经能够胜任大容量的数字影像处理、影像数据的扫描、输出以及海量影像数据的存贮问题已基本解决,我国的数字摄影测量、数字正射影像的生产技术已进入实用阶段并处于世界

领先水平。实践表明,生产地理空间框架数据的效率比全要素地图矢量化效率要高得多。采用现代测绘技术,生产基础地理信息框架数据,将可能在较短时间内建立起省级基础地理信息系统。

本文将首先讨论基础地理信息框架数据的内容,然后较详细地介绍生产框架数据的技术路线,最后谈谈空间数据库建库的基本思想。

1 地球空间数据框架所包含的内容

全要素地形图的数字化建库非常费时,无法满足基础地理信息快速更新的要求。所以建立 1:1 万~1:5 万基础地理信息系统首先应当遵循快速高效的原则,同时兼顾信息的完整性、重要性、可加工性与可扩充性。我们从这些原则出发,来规划省级基础地理信息框架所包含的内容。

首先,最重要的基础空间信息是数字正射影像。1:1 万基础地形信息采集无疑必须采用航测方法,将来可能用遥感。但无论用哪一种方式,影像数据源将会愈来愈多,而数字正射影像的生产技术已进入实用阶段,且快速高效,其最显著的优点是它的信息量丰富。随着逐级放大,愈来愈多的信息可以提取出来,例如用 1:1 万正射影像来放大显示,细部看得很清楚,即使是放大到 1:2 000 也有利用价值。在获取了数字正射影像之后,根据用户需要可不断提取矢量数据。数字正射影像生产前几年遇到的主要矛盾是数字影像的存贮空间问题,现在已完全解决。目前的硬盘阵列和光盘阵

收稿日期:1998-04-09 李德仁,男,58 岁,教授,博士生导师,中国科学院院士,中国工程院院士,现从事 3S 技术及其集成研究。

* 国家自然科学基金及国家科委和国家测绘局“九五”重点科技攻关资助项目,编号 49631050

列可以将几百个 GB到上千个 GB的数据设计到一个逻辑盘上,而且价格也可以接受。

数字高程模型是数字正射影像生产过程中的副产品。无论采用哪一种方法,均需要先有数字高程模型,再生产数字正射影像。另一方面,数字高程模型也是 GIS中的重要信息,它可以用于道路选线设计、农田水利建设、防洪抗灾、农业区划等许多方面。

在 GIS的应用中,行政界限是非常重要的信息,许多人为活动都是以行政区划为参考。在省级基础地理信息系统中,如果能收集到资料,行政区划包含到乡、镇一级,可以满足省政府办公自动化的要求。

作为框架要素,矢量数据应该包含道路和水系。其一,这两层数据形成了地理区域的骨架,起了一种地形控制作用;其二,这两种要素也是 GIS中的最重要的地理要素,许多地理分析和应用都是以它们为基础或参考;其三,这两种要素的采集,可以直接在航片上或立体影像上判读,不需要野外判读,符合快速高效的原则。应该说,居民地、植被、管网、通讯线等矢量数据也是 GIS中的重要信息,但是这些数据的采集需要花费大量的时间,或者需要外业调绘,或者需要综合取舍。这几层数据可以作为用户可选信息,但对整个省的基础地理信息而言,它们不应该包含在框架要素之中,局部地区当用户需要时可以从数字正射影像或重建数字立体模型或采用解析测图仪测绘来重新添加这几层的矢量要素。

一个实用的地球空间数据框架,还应该包含大地控制点成果数据库和地名数据库,这两层数据实际上都是以表格形式存贮, GIS的图形部分仅调用点位和注记予以显示。

这样,框架数据主要应包含数字正射影像、数字高程模型、行政边界、道路、水系以及大地控制点和地名数据库,当用户需要时再适当增加其它要素。如果仅生产以上这几层的地理信息,工作效率可以比全要素地图矢量化快 5~10倍,可以满足社会经济的快速发展对 GIS快速更新的要求。

2 地球空间框架数据生产技术与工艺流程

以上基础地理信息包含 3种类型的数据。本节根据不同的设备情况和对产品质量的要求,详细介绍各种数据的生产技术和工艺流程。

2.1 数字高程模型的生产流程

1) 全数字自动摄影测量方法

全数字自动摄影测量一般采用工作站或高档 PC机,快速获取地面 DEM。当前技术甚至可以与 GPS自动空中三角测量系统集成,形成了从外业控制到内业加密和 DEM生产的更加自动化和高效的作业流程,如图 1所示。

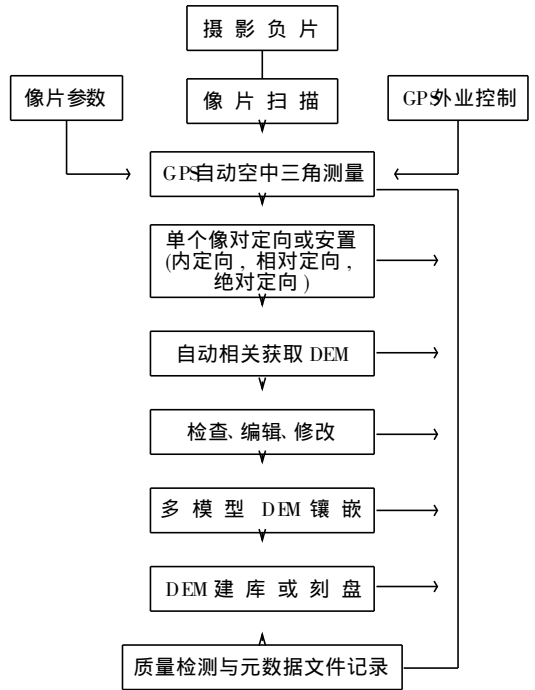


图 1 全数字自动摄影测量生产 DEM方法

Fig. 1 Creating DEM Using Full Digital Automatic Photogrammetry

实际检测表明,自动数字影像匹配生成 DEM时,需要采集地貌特征点线的高程数据,才能保证 DEM的高保真度。同时,在森林覆盖和房屋密集的城区,仍需要相当多的人工干预和编辑工作。

2) 交互式数字摄影测量方法

有些数字摄影测量系统全自动化的功能相对弱些,例如缺少 GPS自动空中三角测量功能,在获取 DEM时,也可能采取计算机自动相关和人工交互相结合的方案。这种方法由于增加了人工干预和编辑的功能,能够获得比较可靠、精度较好的 DEM。这种方案的工艺流程如图 2所示。

3) 解析摄影测量方法

目前许多生产单位还存在大量解析测图仪或经过数字化改造的精密立体测图仪。这些仪器可以在省级基础地理信息系统数字高程模型的采集中发挥重要作用,而且试验表明能够获得比较好的精度。解析摄影测量方法有两种作业模式,一种是人工直接切准标准格网点,直接生产 DEM。这种方法的精度最好,但相当费时。另一种方法是人

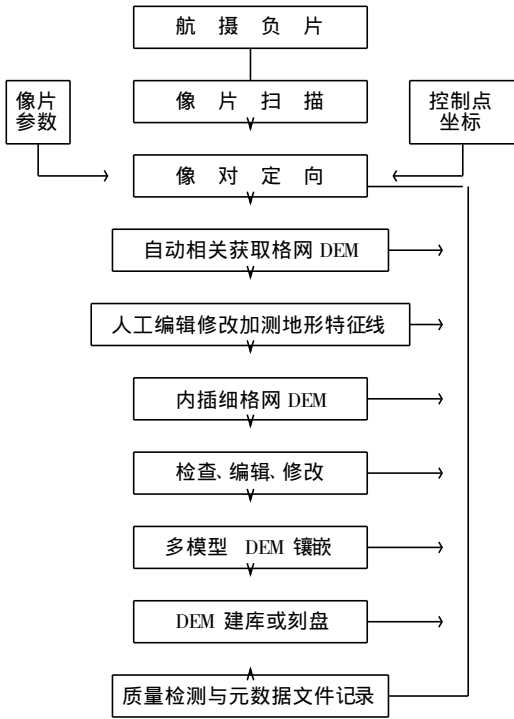


图 2 交互式数字摄影测量生产 DEM 方法
 Fig. 2 Creating DEM Using Interactive Digital Photogrammetry

行矢量化得到矢量化的等高线,再内插成 DEM 该方法由于使用的设备相对简单,所获得的 DEM 精度与前面所述的解析测图仪方法相当,不失为目前 DEM 生产的重要方法之一。该方法的生产工艺如图 4 所示。由于现存了大量等高线地形图,该方案仍是生成 DEM 的主要方法之一。

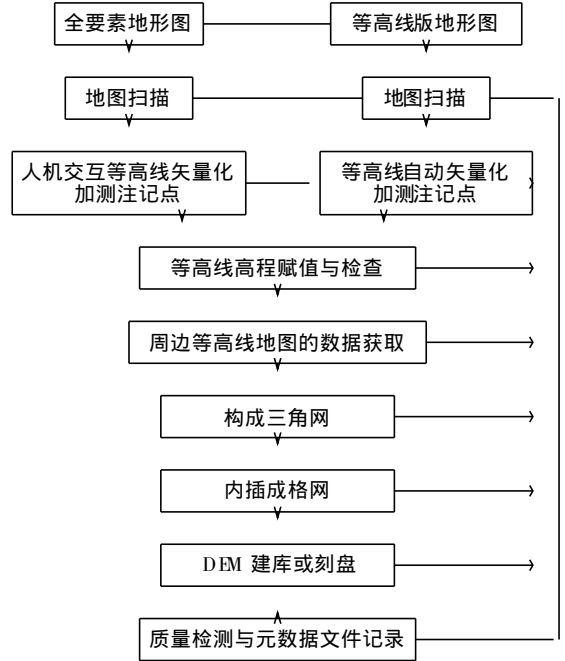


图 4 扫描等高线内插 DEM 方法

Fig. 4 Generating DEM Through Scanning Contours

用以上 4 种方法进行了试验和比较,用野外实测高程求出各种方法的精度。试验表明:解析摄影测量方法和扫描等高线内插得到的 DEM 精度最好,加测地形特征点线的交互式数字摄影测量方法要比不加测地形特征点线的全数字自动摄影测量方法精度高,但效率最高的还是全数字自动摄影测量方法。

2.2 数字正射影像的生产流程

数字正射影像的生产根据不同的数据源和不同的设备有下面几种生产工艺。实际作业和检测表明,它们均能达到规定的精度要求。

1) 全数字摄影测量方法

与前述的全数字自动摄影测量和交互式数字摄影测量方法相一致,由数字摄影测量工作站直接生成数字正射影像,工艺流程如图 5 所示。

2) 单片数字微分纠正

在没有数字摄影测量设备的情况下,可以采用传统设备和微机生产数字正射影像。该种方法的工艺流程如图 6 所示。

3) 正射影像图扫描法

4) 扫描矢量化等高线、内插 DEM 方法

如果采用原有的地图,或使用未经改造的模拟精密立体测图仪获得的等高线,可以扫描,先进

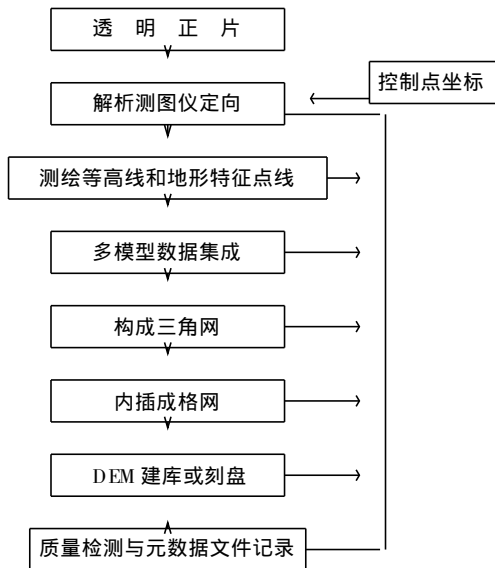


图 3 解析摄影测量生产 DEM 方法
 Fig. 3 Creating DEM Using Analytical Photogrammetry

通过光学仪器设备,如纠正仪、正射投影仪等制作出模拟的正射影像图。使用工程扫描仪获得数字正射影像图,经过适当的处理和纠正也可用来作为数字正射影像图使用,工艺如图7所示。这种方法将随着纠正仪和正射投影仪的退役而逐渐被淘汰。

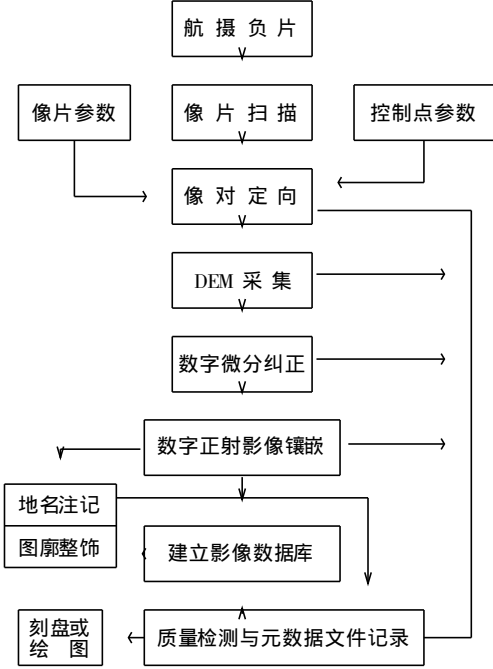


图5 全数字摄影测量生产数字正射影像
Fig. 5 Creating Digital Orthoimage Using Full Digital Photogrammetry

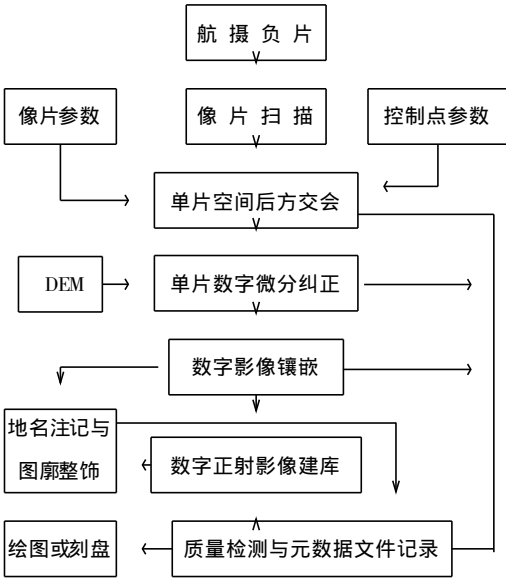


图6 单片微分纠正生产数字正射影像
Fig. 6 Creating Digital Orthoimage Using Single Differential Rectification

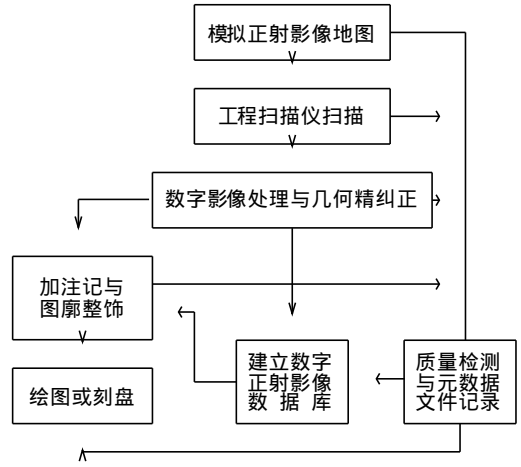


图7 扫描模拟影像图得到数字正射影像
Fig. 7 Digital Orthoimage After Scanning Analogous Image

4) 航天遥感影像处理

随着航天遥感技术的发展,高分辨率影像可用作数字正射影像的数据源。此时可采用遥感图像处理的方法,获取数字正射影像,如图8所示。

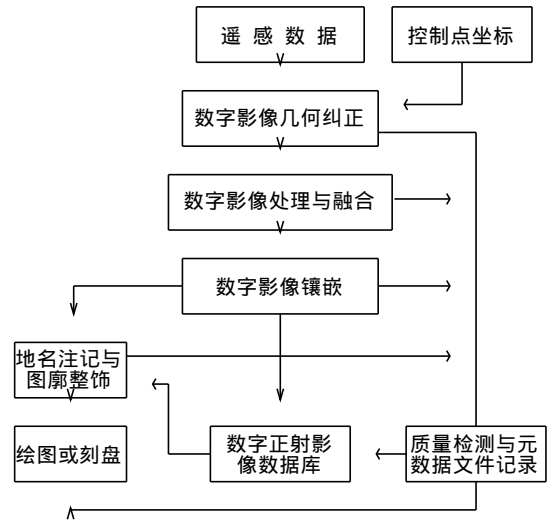


图8 用遥感图像处理生产数字正射影像
Fig. 8 Creating Digital Orthoimage Using the Process of Remote Sensing Image

2.3 数字线划图(矢量型)的生产工艺

在地球空间数据框架中,道路、水系、行政边界等几类地物属于矢量数据,目前通用的说法是数字线划图(DLG)。应该说,矢量数据的采集已有比较成熟的技术。但是,同样存在多种数据采集方案,不同的设备可以采用不同的生产技术。

1) 数字立体摄影测量

通过航空像片的扫描,在数字立体摄影测量工作站上测绘地物,工艺流程如图9所示。

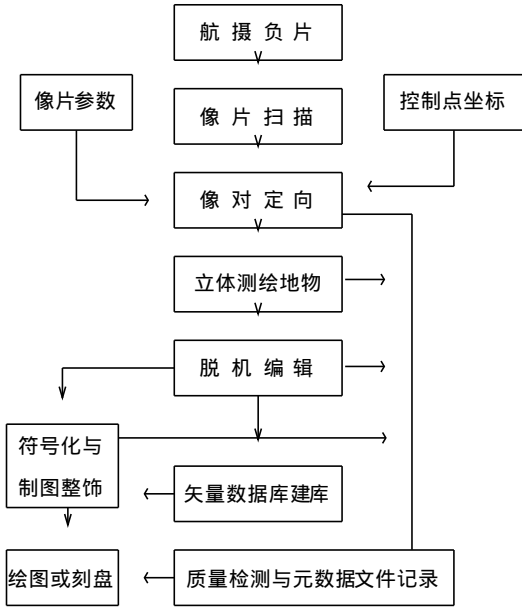


图 9 数字立体摄影测量生产 DLG方法
Fig. 9 Creating DLG Using Digital Stereo Photogrammetry

正射影像地图上手工采集地物要素。该方法与前面所述的地图扫描矢量化和手扶跟踪数字化的作业流程基本相似,但处理的不是二值影像而是 256级灰度影像。全自动方法目前仍在研究之中。

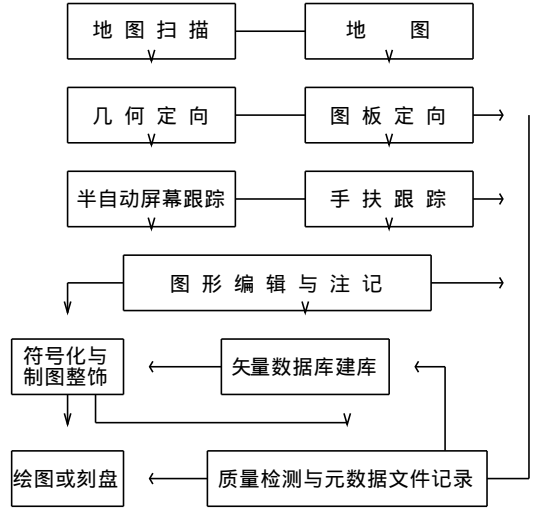


图 11 地图扫描矢量化生产 DLG方法
Fig. 11 Creating DLG with Scanning Cartographic Digitization

2) 解析或机助数字化测图

使用解析测图仪或经过数字化改造的模拟立体测图仪,获取矢量数据,如图 10所示

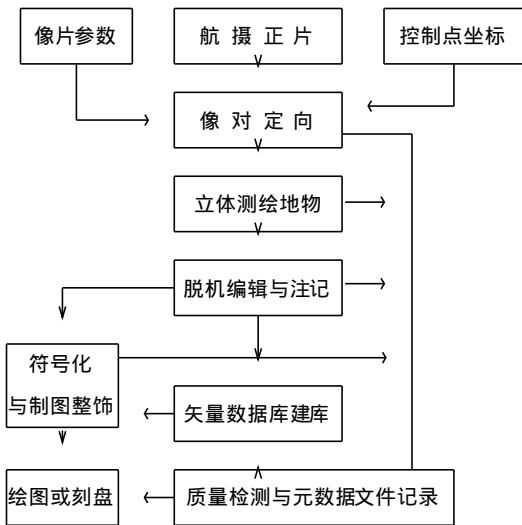


图 10 解析摄影测量生产 DLG方法
Fig. 10 Creating DLG with Analytical Plotting Apparatus

3) 地图扫描矢量化或手扶跟踪数字化

地图扫描矢量化或手扶跟踪数字化技术比较成熟,作业流程如图 11所示。

4) 从数字正射影像上获取矢量数据

从制作的数字正射影像上,人工半自动跟踪地物要素,也可以用手扶数字化的方法从模拟的

3 地球空间数据框架的建立

通过以上各种方法采集的空间数据,包括数字正射影像、DEM和多层矢量数据,构成了 1:1万至 1:5万地球空间数据框架。为了更好地应用和分发地球空间数据,需要建立栅格-矢量一体化的空间数据库。数据可以以图幅为单位分块,也可以超脱图幅进行整体存贮。但不论哪一种方法,在逻辑上应设计成无缝的空间数据库,并且所提供的相应软件其空间数据库应具有以下功能:

- 1) 在整个空间数据库中进行检索、漫游和查询;
- 2) 矢量形式的图形数据应半透明地覆盖在影像数据中,并可用新的影像数据对老的图形数据进行更新,包括修改、补充和删除等编辑工作;
- 3) 可实现基于影像金字塔的自适应、多级分辨率显示,即根据所选择的显示比例尺自动从影像金字塔的相应层上读取影像数据;
- 4) 实现影像和 DEM的 2.5维显示、查询、漫游和分析等基本功能;
- 5) 所有空间数据,应能根据用户需要转送到其它 GIS硬件和软件支撑的信息系统中;
- 6) 根据需要按图幅或按用户给定的范围输出可视化产品

武汉测绘科技大学地理信息系统研究中心在广东省国土厅支持下,已研制出具有上述功能的 Windows NT下的 GeoStar GIS基础软件,可以实现对上述矢量 栅格一体化地球空间数据框架的管理 该软件的结构见图 12 已经利用该软件对广州市和珠江流域进行了示范研究和建库 用

1: 3万像片建立 1: 1万正射影像数据库,图 13 ~ 16是在该影像数据库中以不同比例显示的影像。当比例尺放大到 1: 2 000时,仍然可以看到非常清晰的地面细部 图 17所示则为数字影像与矢量的叠加图,显示了这种新的数字产品比常规地图的优越性

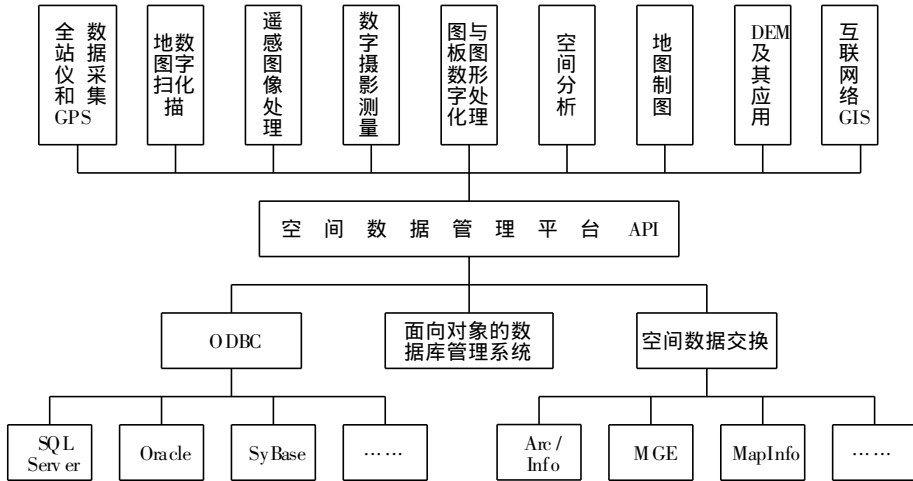


图 12 GeoStar NT版的软件体系结构

Fig. 12 The Software Architecture of GeoStar NT



图 13 广州市影像概貌图 (部分)

Fig. 13 The Image Sketch of Guangzhou (part)

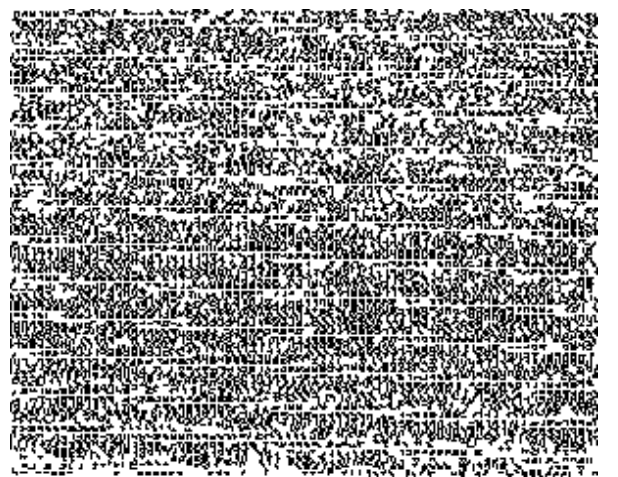


图 14 1: 5万数字影像图

Fig. 14 1: 50 000 Digital Image

4 结 语

计算机技术、摄影测量与遥感技术和地理信息系统的发展已经为我们快速建立国家和省级基础地理信息系统提供了技术手段,这种技术手段以快速生产数字正射影像为主要特征。如果仍以全要素地图的矢量化方法建库,仍然难以满足快速建库和快速更新的要求 本文提出的地球空间数据框架的概念异常重要,它的基本思路是用最

有效、最快速的方法建立起一个地球空间信息的框架,但框架的信息是丰富的,是可以根据用户的需要不断加工的。在提出了基础地球信息框架的概念之后,较为详细地列出了空间数据生产的技术手段和工艺流程。这些技术基本上都是成熟的技术,但要用于大规模生产,还有许多问题需要研究。为此,国家测绘局“九五”期间专门列立了“省级基础地理信息系统示范工程的研究”课题,由广东省国土厅和武汉测绘科技大学共同组织实施。有关课题研究内容和部分结果,将在另文介绍



图 15 1: 1万数字影像图

Fig. 15 1: 10 000 Digital Image

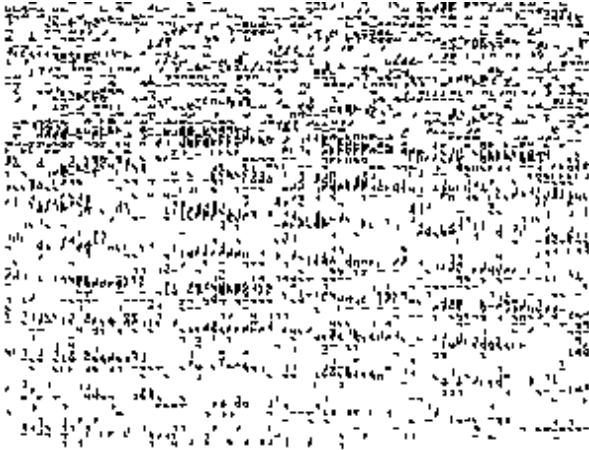


图 16 1: 2 000数字影像图

Fig. 16 1: 2 000 Digital Image

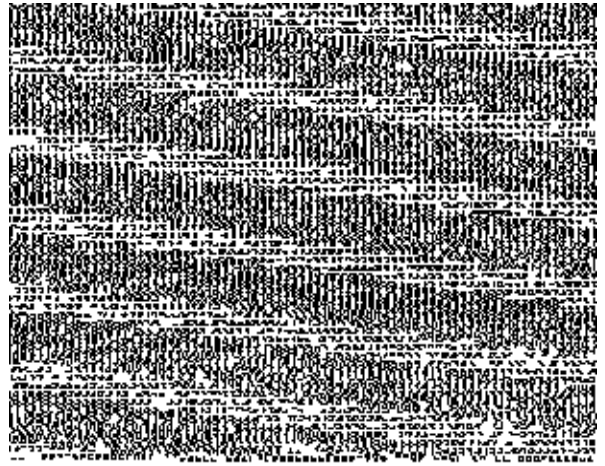


图 17 数字影像与矢量的叠加

Fig. 17 The Overlaps Between Digital Image and Vector

致谢: 感谢广东国土厅周一叶炳楷的大力支持。

参 考 文 献

- 1 美国空间数据委员会. 美国国家数字地球空间数据框架的建立. 1994
- 2 李德仁. 关于地理信息理论的若干思考. 武汉测绘科技大学学报, 1997(2)
- 3 龚健雅. 建立我国的基础地理信息框架. 中国测绘, 1997(4)
- 4 张祖勋, 张剑清. 数字摄影测量学. 武汉: 武汉测绘科技大学出版社, 1996
- 5 龚健雅. 地理信息系统基础软件吉奥之星 NT版的总体设计思想与关键技术. 武汉测绘科技大学学报, 1997, 21(3): 187-194

Design and Implementaion of Digital Geospatial Data Framework in China

Li Deren Gong Jianya Zhu Xinyan Liang Yixi

(The Secretariat of Presidential, W TUSM, 129 Luoyu Road, Wuhan, China, 430079)

Abstract In China, the government will establish spatial data infrastructure(SDI). This paper introduces some main ideas for producing and establishing the digital geospatial data framework consisting of digital orthoimage maps, digital elevation models, and vector data including road, water system, boundary of adminstrative division and place name annotation. Then the paper introduces the hardware, software and some requirements for implementing the DGDF.

Key words digital geospatial data framework; digital orthoimage; digital elevation models; DLG